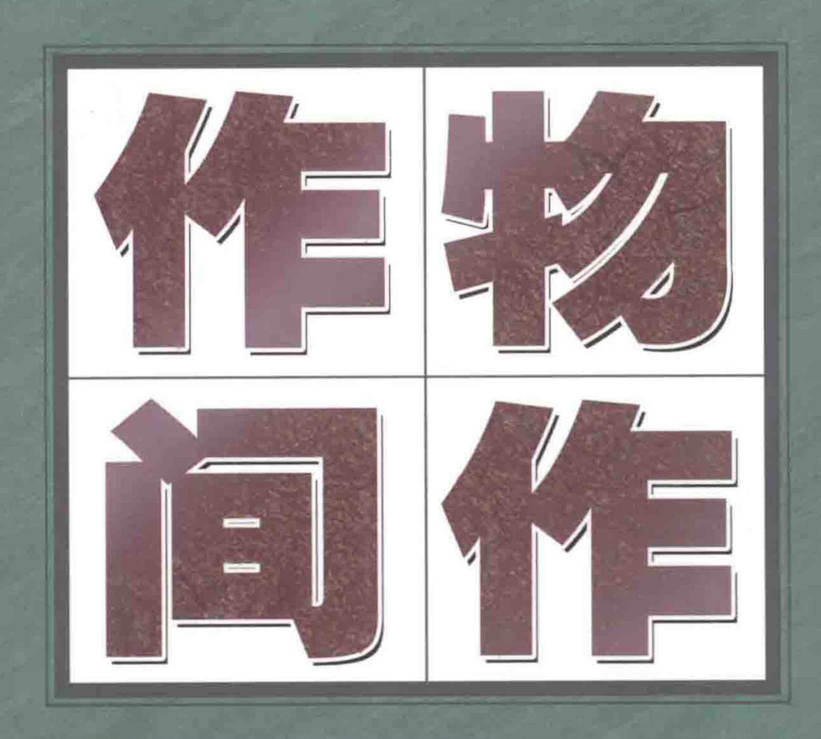
"十一五"国家重点图书

当代农业学术专著系列丛书



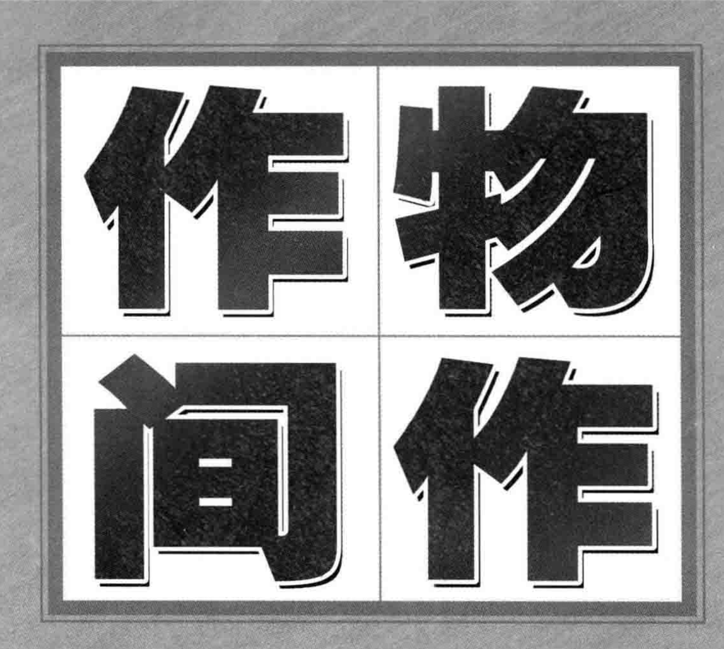
作物间作

王恭祎　段碧华　石书兵　主编

中国农业科学技术出版社

"十一五"国家重点图书

当代农业学术专著系列丛书



王恭祎 段碧华 石书兵 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

作物间作／王恭祎，段碧华，石书兵主编．—北京：中国农业科学技术出版社，2013.1

ISBN 978－7－5116－1012－6

Ⅰ．①作…　Ⅱ．①王…②段…③石…　Ⅲ．①作物－间作　Ⅳ．①S344.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 168775 号

责任编辑　鱼汲胜

责任校对　贾晓红　范　潇

出 版 者　中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号　邮编：100081

电　　话　(0)13671154890(编辑室)(010)82109704(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传　　真　(010) 82106624

网　　址　http://www.castp.cn

经 销 者　各地新华书店

印 刷 者　北京富泰印刷有限责任公司

开　　本　787 mm×1 092 mm　1/16

印　　张　34.375

字　　数　810 千字

版　　次　2013 年 1 月第 1 版　2013 年 1 月第 1 次印刷

定　　价　129.00 元

内容简介

本书对作物间作进行了全面阐述。从涉及的多作种植范畴、间作类型、规格、模式、具体技术等方面，理论与实践相结合，反映了该领域的研究成果和生产成就。全书由若干篇章组成。第一篇是多作种植概论，有三章内容，包括多作种植的意义和类型、多作种植的理论依据、多作种植的互补与竞争；间作在露地间作中的特殊作用；大田间作作物的搭配原则。第二篇是露地大田间作，分为粮食作物间作（粮粮间作，粮经间作，粮菜间作，粮草间作与粮药间作），经济作物间作（经济作物之间的间作，经济作物与蔬菜或牧草间作），蔬菜作物间作（蔬菜作物之间的间作，蔬菜与瓜类间作，蔬菜与菌类、中药材间作），条带种植与带田种植 4 章。第三篇果园间作包括果粮间作（枣粮间作，其他果树与粮食作物间作），果经间作与果菜间作（果树间作经济作物，果树间作蔬菜作物），果草（牧草）间作（果草间作的作用，果草间作模式），果药间作（果药间作的条件，一些种类果药间作模式）4 章。第四篇林地间作由 6 章组成，分别是林粮间作，林经间作与林菜间作，林草间作，林药间作，林花间作，林菌间作。在林菌间作中，有林下栽培黑木耳，林下栽培其他食用菌，林菌间作条件下的病虫害防治等内容。资料翔实，撰述得体。读者面广。

按章编排参考文献。参考文献以作者姓名的汉语拼音排序，同一作者的文献则以年代先后为序。外文文献在中文文献之后，以作者姓名编排。

《作物间作》
编委会

策　　划　曹广才（中国农业科学院作物科学研究所）

顾　　问　魏　湜（东北农业大学农学院）

　　　　　侯立白（沈阳农业大学）

　　　　　刘京宝（河南省农业科学院粮食作物研究所）

　　　　　李廷华（廊坊市农林科学院）

主　　编　王恭祎（廊坊市农林科学院）

　　　　　段碧华（北京农学院植物科学技术学院）

　　　　　石书兵（新疆农业大学农学院）

副 主 编　（按姓名的汉语拼音排序）

　　　　　冯丽肖（河北农业大学农学院）

　　　　　姜　云（吉林农业大学生命科学学院）

　　　　　李　琳（北京市农业技术推广站）

　　　　　梅仕能（廊坊市农林科学院）

　　　　　时祥云（北京市延庆县农业技术推广站）

　　　　　王　群（河南农业大学农学院）

　　　　　夏来坤（河南省农业科学院粮食作物研究所）

　　　　　赵　波（北京农学院植物科学技术学院）

　　　　　赵　霞（河南省农业科学院粮食作物研究所）

编　　委　（按姓名的汉语拼音排序）
陈长卿（吉林农业大学农学院）
丁　勇（河南省农业科学院粮食作物研究所）
段碧华（北京农学院植物科学技术学院）
冯丽肖（河北农业大学农学院）
冯争光（廊坊市农林科学院）
韩宝平（北京农学院植物科学技术学院）
黄　璐（河南省农业科学院粮食作物研究所）
姜　磊（廊坊市农林科学院）
姜　云（吉林农业大学生命科学学院）
李　琳（北京市农业技术推广站）
李树卿（廊坊市农林科学院）
林　涛（新疆农业科学院经济作物研究所）
刘祥臣（河南省信阳市农业科学研究所）
刘晓杰（廊坊市农林科学院）
栾姗姗（新疆农业大学农学院）
马会杰（新疆农业大学农学院）
梅仕能（廊坊市农林科学院）
孟　瑶（黑龙江省农垦科学院）
齐士发（新疆农业职业技术学院）
乔江方（河南省农业科学院粮食作物研究所）
石彩华（廊坊市农林科学院）
石书兵（新疆农业大学农学院）
时祥云（北京市延庆县农业技术推广站）
汤秋香（新疆农业大学农学院）
王恭祎（廊坊市农林科学院）

作者分工

第一篇

第一章 …… 夏来坤，朱卫红，黄璐
第二章 …… 夏来坤，乔江方
第三章 …… 夏来坤，刘祥臣

第二篇

第一章
第一节 …… 王群
第二节 …… 王群
第三节 …… 冯丽肖
第四节 …… 段碧华，韩宝平
第二章
第一节 …… 赵波
第二节 …… 段碧华，刘超杰
第三章 …… 孟瑶
第四章
第一节 …… 赵霞，丁勇
第二节 …… 赵霞，周华迪

第三篇

第一章
第一节 …… 赵俊兰，武月梅，兰凤梅，崔宏
第二节 …… 汤秋香，石书兵，林涛，马会杰
第二章
第一节 …… 齐士发
第二节 …… 齐士发，栾姗姗
第三章 …… 冯丽肖
第四章 …… 李琳，王祖华

第四篇

第一章 …… 王瑞华，武月梅，杨静，张晓颖，姜力
第二章 …… 冯丽肖
第三章 …… 冯丽肖

第四章 …………………………………………………………………………… 姜云
第五章
第一节 ……………………………………………………………… 佘小玲，时祥云
第二节 ……………………………………… 时祥云等（在每种花卉之后分别署名）
第六章
第一节 …………………………………………………………… 刘晓杰，梅仕能，元文革
第二节 ……… 王恭祎，王俊山，石彩华，李树卿，刘晓杰，武惠肖，姜磊，姚国胜
第三节 ……………………………………………………………… 冯争光、王恭祎

全书统稿 …………………………………………………………………… 曹广才

目　　录

第四篇　林地间作

第一篇　多作种植概论

第一章　多作种植

第一节　多作种植的意义和类型

一、多作种植的意义

多作种植是在同一田块上一年内同时或先后种两种或两种以上作物，又称多熟种植。包括时间、空间上两个方面的集约化。时间上的集约化即指复种，包括一年两熟、三熟等；空间上的集约化，包括间作、混作。中国、印度、埃及等早在一两千年以前已有复种与间混套作的记载。多熟种植的主要作用是最大限度地利用土地，提高光能利用率，增加作物产量。理论上，在最优条件下带有间混套作的复种，比单作应该得到更多的收获量。在劳动密集的地方，还可以提高劳动就业率。多熟种植多数盛行于发展中国家。

20 世纪 80 年代中期以来，多作种植被认为是持续农业的重要技术，并受到世界各国的广泛关注和应用。多作种植是中国农业遗产的重要组成部分，间套作是精耕细作、集约多熟种植的一种传统技术，是实现中国农业可持续发展的重要途径，特别是在中国粮食增长与农业增收中一直发挥着重要的作用。据预测，到 2030 年中国人口将增至 16 亿人，届时将需要国产粮食 6.4 亿 t（程序，1997），粮食安全呼唤着扩大多作种植。据调查，全国有 0.2 亿多公顷间套作面积（套作约占 5/6），若按增产 100kg/亩（1 亩 ≈ 667m^2，15 亩 =1 公顷，全书同）计，则可增加粮食 300 亿 kg，可解决近 1 亿人口的粮食问题。施行多作种植，可以充分利用土地，尽量发挥无偿的光、热资源和其他自然条件的增产潜力，如在间、套等多作体系中，由边行优势产生的边际效应是重要的增产因素。通过多作种植，能合理协调不同作物种类或品种在农田中的配置和组合关系，使每种作物提高水分利用效率、肥料利用效率等。在自然条件适宜，生产条件具备，科学种田意识较强的地方，多作种植是用地与养地相结合、提高复种指数、增加单位面积农田的产量和产值，取得显著经济效益、社会效益和生态效益的有效途径。

二、多作种植的类型

多作种植是在特定环境和生态条件下提高复种指数和土地利用率、提高单位面积总产量的有效措施。长期的科学研究和生产实践，使得多作种植这种农作制度得以不断完善、充实和发展，至今仍在广泛应用。

多作种植的主要类型如下。

（一）间作（Intercropping）

在同一块田地上，于同一生长期内，分行或分带，相间种植两种或两种以上作物的种植方式。播种期相同或不同。作物之间的共栖时间超过主体作物全生育期（播种至成熟）的一半以上。在书写中，可用“//”符号表示间作。“行间作”（Row intercropping），即组成作物同时在不同的行中种植，或两种及两种以上作物带着一种或几种作物同时种植在行里。

禾本科与豆科作物间作是世界上最普遍的间作类型。在国内，以玉米和大豆间作为主，还有玉米//春小麦、玉米//马铃薯、玉米//甘薯、玉米//花生、玉米//毛苕等多种类型，本章以玉米//大豆为例说明。

间作类型中，以玉米豆类间作历史最长，分布最广。主要分布在东北以及自辽宁南部→华北各省→湖北西部→四川东部→贵州→云南的玉米带地区，其他玉米种植区也有零星分布。这种类型是配合恰当的一种间作典型。玉米属禾本科，须根系，株高，叶大而长，为需水需肥多的 C_4 植物。而大豆属豆科，直根系，株矮，叶小而圆，能与根瘤菌共生固氮，为需 P 肥多的 C_3 植物。玉米大豆间作，能够改变群体结构和透光状况，改善田间通风透光条件；扩大边际效应，增加高秆作物玉米的边行优势。

其田间配置，过去多采用窄行比，如 1∶1、2∶1。随着生产条件的改善和玉米单产的提高。为减少玉米对大豆的不良影响，以提高全田总产量，已向宽行比发展。玉米大豆间作，在不同地区，有不同的种植模式。一般在中等地力以上的地块应用。行比有 2∶2、2∶4、4∶2、6∶2、6∶6 等，因地区、因地而异。据吉林农业大学试验，玉米与大豆 6∶4 间作，玉米边行、次边行、中间行产量分别为 1.08kg/m^2、0.945kg/m^2、0.63kg/m^2；大豆两边行产量分别为 0.17kg/m^2、0.165kg/m^2，两中行分别为 0.215kg/m^2、0.19kg/m^2。

（二）套作（Relay cropping）

在同一块田地上，当前季作物达生殖生长阶段以后或收获以前，播种或移栽后季作物的种植方式。作物之间的共栖时间少于主体作物全生育期的一半。主要作用是延长作物对生长季节的利用，提高总产量。这种种植方式可用符号“/”表示。

主要有冬小麦/玉米、玉米/油菜、玉米/紫花苜蓿、玉米/棉花、玉米/高粱、玉米/马铃薯、春玉米/夏大豆、春玉米/大白菜等套作类型，本章以玉米/马铃薯为例说明。

玉米/马铃薯种植方式在中国多数地区均有应用。适于丘陵区、平原区及城市近郊蔬菜区等发展种植。过去多采用直接在马铃薯行间套种玉米，即单行套种式，由于窄行使玉米不能早播，不便于管理和收获，以及浇水和光照彼此影响等，所以逐步向宽幅多行间套方式发展，即宽幅套种式。这样间套作物之间互利作用得以发挥，并使复种指数能够进一步提高。据各地经验，这种种植方式，一般单产马铃薯 1 300 ~ 2 000 kg/亩，产玉米 350 ~ 400kg/亩，产值 450 ~ 500 元/亩。套作与单作折合粮食，总产量提高 22.2% 左右。

主要有如下种植方式。

1.4 ~ 1.45m 一带种植，每带内播种马铃薯 2 行，行距 57 ~ 60cm，株距 17 ~ 27cm；玉

米播种 2 行，行距 33 ~ 34cm，株距 27 ~ 33cm。3 月份播种马铃薯，4 月份在马铃署出苗前播种玉米。这种方式适于土壤肥力条件较好、浇灌方便的地块。

马铃薯播前按 1m 和 65cm 距离，交替做大小畦，畦埂宽 33cm。马铃薯播在大畦内，行距 33cm，共播种 6 行，株距 20cm，约种 6 000株/亩，玉米播在小畦内，行距 47cm，株距 32cm，共播种 2 行，约种 700 株/亩。这种种植方式不宜在多雨高温和干旱高温而多灌溉的地区种植，这是因为马铃薯行间较窄不利于排灌、不利于给马铃薯培土、秧棵易徒长等。

何世龙、艾厚煜等（2001）研究的玉米与马铃薯间套作的不同方式。试验结果表明，充分地利用了光热资源和土地资源，使地膜马铃薯与隔沟玉米的间作方式不但获得较高的马铃薯产量（达到 2.2 万 kg/亩），同时玉米也获得 6 900kg/hm^2 的产量，而且地膜春马铃薯与卫中沟鲜玉米春夏互套方式能够最大限度利用本地区的两季不足、一季有余的生态特点，从而获得了十分可观的经济效益，发展多熟种植，增加农民收入。

（三）混作（Mixed cropping）

在同一块田地上，同期混合种植两种或两种以上作物的种植方式。一般用种子混播。书写时可用符号“×”表示。另有混合间作（Mixed intercropping），是指两种或多种作物没有明显的行向配置，同时种植，不同作物相间生长。通常用在劳动集约型农业上。有时根类作物和蔬菜也与禾谷类和豆类混合种植。中国北方干旱半干旱农牧交错区，由于多年生牧草播种当年生长缓慢，地表容易被杂草占据，争夺水分和养分，使牧草生长发育受阻，一般此时多在种植牧草时混作一种粮食作物为伴生作物，以抑制杂草生存，增加播种当年的效益。

以燕麦与苜蓿混作为例。燕麦是中国北方半干旱地区大面积种植的粮饲兼用作物，历年占当地粮食播种面积的 45% ~50%。为了充分利用水热资源，提高初建人工草地播种当年的经济效益，增加土地覆盖率，防止杂草对初播苜蓿的为害，有研究者做了燕麦与苜蓿混作的试验，证明燕麦与苜蓿混作、建立人工草地是可行的。试验结果表明，燕麦与苜蓿混作种植，苜蓿与燕麦能够正常生长发育，说明两者混作种植没有明显的相互抑制作用；燕麦与苜蓿混作种植改善了饲草品质，燕麦秸秆含碳水化合物较多，粗蛋白质含量低，而苜蓿含粗蛋白较多，说明两者混作可使饲草品质得到改善；燕麦与苜蓿混作种植，播种当年经济效益显著，当年尚可收获燕麦籽粒每亩 50kg，同时，还可以收获燕麦秸秆每亩 200kg 和每亩苜蓿干草 40kg。而燕麦籽粒的产值，则远远超过全部当年种植费用。此种混作种植建立的人工草地一般可利用 5 年，从播种后翌年亩产苜蓿干草 150 ~200kg，产草量主要随年降水和肥料投入而变化。

（四）轮作（Crop rotation）

在同一块田地上，按一定年限，有顺序地轮换种植不同作物的种植方式。书写时可用符号“→”表示。轮作周期因地因作物而长短不等。有一年一熟条件下的多年轮作，也有由不同复种方式组成的多年复种轮作。又可因采用方式的不同分为定区轮作与非定区轮作。轮作有利于用地和养地，可有效地防治许多作物的病虫草害。采用轮作，经济效益和

生态效益均很显著。

轮作类型一般以轮作中的主要作物（一般占轮作中1/3以上）予以命名。不同的轮作类型实际上是不同的种植制度，不能把不同种植制度内容与功能简单地都归结为轮作的作用。也有研究者（孙敦立，1993）称在一年多熟条件下，轮作系不同复种方式所组成，也称复种轮作；又可因采用方式的不同分为定区轮作和非定区轮作。

定区式轮作，指通常规定轮作田区数目与轮作周期年数相等，有比较严格的作物轮换顺序，同时进行时间上和空间上的轮换。每一轮作田区，在一定年限内按照同一顺序，逐年轮换不同的作物或复种方式，而每一作物或复种方式则顺序逐年换地。定区式轮作多在西方国家实行，中国较少采用。中国多采用换茬式轮作。即轮作中的作物组成、比例、轮换顺序、周期年数、轮作田区数和每区面积大小，均有一定的灵活性。时间上的轮换比较规则，较定区式轮作具有较大的适应性和可行性。以华北地区轮作方式为例，主要轮作类型有如下。

1. 禾本科粮食作物轮作 冬小麦—玉米或冬小麦/玉米（一年至多年）。主要分布在华北各地精耕细作的高水肥农田，是目前华北地区最普遍的用养结合的轮作类型。

2. 禾本科和豆科作物轮作 主要轮作方式有：冬小麦—夏大豆（2～3年）→冬小麦—夏玉米；春玉米（间作大豆）→冬小麦—玉米+大豆；春玉米→春谷子→春大豆。主要分布在华北各地中下等肥力地区。

3. 薯类作物和禾本科、豆科作物轮作 薯类尤其是甘薯耐旱、耐瘠，是丘陵旱地的主要作物，山东、河南、河北有一定的面积。春薯前作多为晚秋作物、豆类作物，春薯收获后，土壤疏松，对后作较为有利。

4. 经济作物与禾本科、豆科作物轮作 棉花（烟草、花生、芝麻等）→春播作物（玉米或谷子）→冬小麦—大豆（或玉米+大豆）（1～2年）。在华北地区中南部，一般水肥和平原旱薄地多采用这种轮作方式，但是现在农业配套水利设施已经逐步赶上，该区域也多改为小麦/玉米一年两熟的轮作方式。

5. 农牧结合的饲料、绿肥作物的轮作 苜蓿→小麦或棉花（3～5年）（山西省）。主要分布在人少地多、耕作粗放、地力贫瘠的地区。在山西有“一亩苜蓿二亩田，再种三年劲不完”和“苜蓿长过腰，骡马不跌膘”的农谚。肥、饲兼用，效果很好。春玉米/草木樨→春玉米→冬小麦—玉米（北京、河南），这种方式在中低产地区较适宜，有广泛实用价值。

6. 蔬菜与大田作物的轮作 随着各地水肥条件逐步改善和耕作水平提高，为大田栽培蔬菜作物创造了良好的物质条件，蔬菜的需求量也越来越大。冬小麦/玉米（早熟玉米）—大白菜→小麦（北京郊区）；春花生（覆膜）—大白菜→小麦—大豆（玉米）（河南）；大蒜/棉花→小麦/棉花（山东、河南）；春玉米/大白菜→小麦—夏粮（河北、山东）等。掺入大田轮作的蔬菜主要是需要量大，耐贮藏、产量高的种类，通过蔬菜与大田作物轮作达到粮菜双丰收。

（五）倒茬（Change previous crops）

在同一块田地上，按照一定的目的，倒换不同的茬口。所谓茬口（Previous crop），即

在作物轮作、复种体系中或连作中，影响后作物生长的前茬作物及其迹地的泛称。组成轮作的各类作物有不同的生长发育特点、生物学特性，对前作有不同的要求，对后作的生长发育、产量形成及产品质量也有不同影响，这是轮作换茬的基本依据。

茬口特性的形成是在一定的气候、土壤条件下，栽培作物本身的生物特性及其耕作栽培措施对土壤共同作用的结果。不同作物有不同的茬口特性，表现为土壤肥力、土壤理化性状、病虫草害的感染种类和程度等差异。合理倒茬对合理利用土壤中养分和水分、改善土壤结构、提高土壤肥力、防除杂草等均有重要意义。

以玉米倒茬为例，玉米属耗地作物，需要从土壤中吸收大量的 N、P 等营养元素，而只有 5% ~12% 由残茬和根归还土壤，多数被籽粒和秸秆带走离开农田。所以土壤中的 N、P 等养分及有机质的收支为负值，需要大量补充。而倒茬就是平衡土壤养分的方法之一。在倒茬的同时，增加有机肥和无机肥的施用，配合秸秆还田土壤地力可以得到很快的恢复，是作物保持高产稳产可行的措施。

（六）条带种植（Strip cropping）

在同一块田地上，划分成不同的足够宽的、带幅相等的、便于操作的条带，主要通过间作方式，同时对比种植两种作物的种植方式。所谓“足够宽”的条带，因地因作物种类或品种而异，无固定规格。条带种植模式是一种缓解人口、土地、粮食矛盾的有效措施，是对土地高度集约利用的一种重要生产方式。利用机械半机械化作业，克服普通间作弊端，提高劳动生产率。条带种植能提高群体光能利用率，提高 CO_2 利用率，充分利用和培养地力，充分利用作物之间的协调关系，增强边行优势，减轻自然灾害。多以谷子与大豆、玉米与小麦、玉米与大豆、谷子与绿豆等模式进行。本章仅以两种模式为例进行简要说明，详细内容见以后有关篇章。

谷子//大豆模式：谷豆幅宽比为 1∶1 的总产量最高，经济效益最大且操作方便易于推广。具体行比有 6∶6、3∶3、6∶5。生产中多采用 1.8m 带宽，其中，谷子带 90cm、大豆带 90cm，谷子、大豆行距均可为 30cm。

其技术特点为：选择株型紧凑、耐密植的适宜条带种植的优良谷子品种。播种前进行盐水处理、药剂拌种等种子处理。留苗时相对提高密度，合理底肥，追肥搭配；大豆选择丰产性好、株高中等、熟期与谷子接近或稍早的适宜条带种植品种。留苗时保持单作密度水平，视苗情适期适量追肥，结荚期加强防治害虫。

玉米//大豆模式：一般采取 1m 一带 2∶2 的种植模式。即两垄玉米套两垄大豆，行距均为 50cm。翌年玉米大豆交换茬口，换带种植，轮作倒茬，实现种养结合，增强农业后劲和可持续发展。

其技术特点为：选择土层深厚、肥力较强的平整地块；选用优质高产、株型紧凑的耐密品种，播前进行种子包衣和晒种；施用专用肥，减少化肥用量，减少面源污染；玉米出苗后要进行蹲苗，做到“促下控上”，适期进行肥水管理；重点防治玉米黏虫、玉米螟和大豆食心虫等虫害。

（七）立体种植（Multistorey cropping）

在同一块田地上，利用3种或3种以上株高和生长习性不同的作物合理组合和搭配，以间、套、混作等形式，在一定时间范围内，组成一个层次不同、形成空间上立体布局的复合群体的种植方式。立体种植可以充分利用作物生长季节的时间和不同作物的分布空间，合理分配土壤养分，改善田间小气候，使每种作物处在有利的生态位，利用分层种植的优势，提高复种指数和土地利用率，以求提高单位面积总产量。

立体种植多应用于丘陵半丘陵、坡地或光热资源欠缺的地区，以提高复种指数，增加土地收益。一般在内蒙古河套地区和甘肃河西走廊地区多有种植，中国北方平原区也有少部分种植区，例如，河南北部、河北、山东等地的玉米//大豆、玉米//花生、玉米//甘薯等种植模式。立体种植注重作物合理布局、品种合理搭配，达到互相促进而非竞争的生产模式。

以玉米为主体，与其他多种作物合理组合和搭配，各地有粮粮型、粮棉型、粮油型、粮棉油型、粮瓜（菜）型、粮棉瓜（菜）型、粮棉油瓜（菜）型等多种多样的立体种植模式。本章以粮粮型为例说明。

粮粮型：主要有小麦/玉米//大豆、小麦/春玉米//夏玉米等。小麦/玉米//大豆模式较为普遍，也适合土壤肥力中等水平以上地区采用。经大面积调查，该模式效益可观，年产小麦4 500～5 250kg/hm^2、玉米5 250～6 000kg/hm^2、大豆950～1 200kg/hm^2，总产值14 250元/hm^2左右。此外，大豆根瘤菌有固N作用，能增加土壤的含N量，改良土壤结构。其田间结构配置和技术要点为：带宽2.13m，小麦种9行，行距20cm，幅宽160cm，留空当53cm，于麦收前10～15d在空当中间套2行玉米，同时，在9行麦中间也点种2行玉米，玉米行距20cm，株距33.3cm，收小麦后，在玉米宽行中间播种2行大豆，行距20cm，株距10～15cm，玉米60 000～75 000株/hm^2，选用耐密紧凑玉米品种，大豆密度120 000～150 000株/hm^2，选用早熟丰产品种。

（八）复种（Seguential cropping）

也称连续种植，是在同一田地上接连种植两季或两季以上作物的种植方式，后继作物是在前一作物收获后种植。如一年两熟、一年三熟等。可用符号“—”表示。复种是充分利用土地、空间、时间的一种集约化方式，充分利用生长季节的光、温、水、肥等资源，提高单位面积产量，增加收益。它集中了生物与环境，生物与生物之间的种种矛盾，如果经过科学运用，就可以实现作物生产的高产高效。

以中国北方旱区为例，夏收和夏种的下茬作物大多数属于喜温作物，一般正常生长的温度下限要求在15℃以上。如果没有完全成熟的情况下遭到冷害和霜冻为害，会使作物过早地停止生长，降低产品的产量和品质。中国北方旱区从麦收后复种到日平均15℃的终限期和初霜出现时间来看都不太长，由此决定了复种的特点就是抢时间、赶季节，处处围绕“早”字做文章，即上下茬作物都要选用适当的早熟品种，争取早收获、早播种，抓促早熟的系统田间管理，在保证下茬作物安全成熟和稳产的基础上求高产。本文以北方最常见的小麦复种玉米的模式为例进行简要说明。

冬小麦复种玉米“吨粮田“模式：小麦同一般大田播种，小麦收获后直播玉米。玉米采用宽窄行种植，宽行 80cm，窄行 40cm，亩留苗密度 4 000 ~ 4 500株，视品种熟期而定。技术要点：小麦选择适宜当地环境的中早熟高产优质品种，根据复种玉米的生长期和积温需要量选用生态适应的早熟、高产、抗病玉米品种；小麦播种重施底肥，足墒下种，适时播种；冬前浇好越冬水，早春顶凌耙耱促苗早发。拔节时结合灌水重施攻穗肥，扬花灌浆期结合防治病虫害进行叶面喷肥，防止干热风，促进灌浆早熟，及时灌好麦黄水；小麦收获后玉米进行铁茬直播，机播匀播确保一播全苗，玉米苗期生长快，可一次在五叶期定苗。追肥采用前轻后重原则，杜绝拔节期一炮轰，一般定苗期和大喇叭口期追肥比例为 4：6 或 3：7，如遇干旱，及时灌水。此吨粮田模式一般小麦亩产 500kg，玉米亩产 600kg，两茬作物共产粮 1 050kg 以上，效益可观。

第二节　多作种植的理论依据

多作比单作具有更复杂的特点，群体的内部联系，除了种内关系之外，又增加了种间关系；群体结构，除了水平结构复杂化之外，而且垂直结构也出现了明显的层次；田间生态条件也因此起了变化。所以，研究和实行这种种植方式，需要运用群落的观点、理论和方法作指导，才能收到良好的效果。合理的多作表现为互补为主，竞争为副，否则，则会激化它们之间的矛盾。因此，分析和运用作物之间的关系，对于合理选配作物组合和发挥技术措施的调节作用，具有指导的意义。

一、空间上的互补与竞争

多作复合群体在空间上的互补与竞争，主要表现在光与 CO_2 等方面。

（一）空间上的互补

合理的多作，在空间上配置的共性是将空间生态位不同的作物进行组合，使其在形态上一高一矮，或兼有叶型上的一圆一尖，叶角的一直一平，生理上的一阴一阳，最大叶面积出现的时间一早一晚等。利用作物这些生物学特性之间的差异，使其从各方面适应其空间分配的不均一性，则可在苗期扩大全田的光合面积，减少漏光损失；在生长旺盛期，增加叶片层次，减少光饱和浪费；生长后期，提高叶面积指数，在整个生育期内实现密植效应。密植效应是指多作复合群体的混合密度大于单作所起到的增产、增值效应。据山东农业大学（1984，1985）研究，在玉米单产 350 ~400kg/亩水平下，玉米同大豆间作，玉米密度与单作相同，当玉米与大豆的行比为 2：3、3：3、4：3 和 6：3 4 种情况时，对比单作，叶面积可增加 20% ~40%，光能利用率提高 17% ~22%，产量增长 9.1% ~17.1%，产量土地当量比为 1.40 ~1.69。密植效应的具体表示方法，一种是在不减少主作物密度（比单作）的基础上，增种副作物株数；一种是主作物密度略有减少，但单位土地面积上主副作物混合总密度比两种作物单作时要高（以密度土地当量比表示）。套作时，前后两种作物共处，相当于高、矮作物间作，可使前作的生长后期或后作物的生长前期光合面积

增加，减少漏光损失，提高对光能的利用。并可弥补农耗期对光能的损失，实现“四季常青”。

多作能改善 CO_2 的供应。CO_2 是光合作用的主要原料。光合作用所需 CO_2，主要由叶从空气中吸收。目前大气中 CO_2 约含 0.034%（340mg/kg），相当于 0.67mg/L。而小麦、甘蔗、亚麻等作物的 CO_2 饱和点为 0.05%～0.15%；马铃薯、甜菜、紫花苜蓿等 CO_2 浓度在正常浓度的 4～5 倍范围内，光合作用大体上仍能成比例地增强。由于空气中低含量的 CO_2，不能充分满足叶片光合作用的需要，而且田间作物在迅速进行光合作用时，作物株间浓度可降至常量的 2/3，个别叶片附近可降至 1/2。所以提高 CO_2 浓度，可以提高光合作用速率。

采用高、矮作物间、套作，矮位作物的生长带成了高位作物通风透光的“走廊”，有利于空气的流通，加速 CO_2 的交流，并可减少群体内阻力和缩小叶表面边界层的厚度，减少输送阻力，加强扩散。河南省气象局农业气象研究室以风速梯度观测资料计算的湍流交换系数，间作小麦为 0.005 15m^2/s。单作小麦为 0.001 39m^2/s。自下而上，20～80cm 空间间作玉米的湍流交换系数为 0.004m^2/s，单作玉米为 0.003m^2/s；20～40cm 空间间作大豆的湍流系数为 0.002 5m^2/s，而单作大豆仅为 0.001 2m^2/s，提高 30%～100%。间套作显著地改善了株层内 CO_2 供应状况。此外，复合群体内，不同作物的群体受热不匀，也促进湍流交换的加强。另一方面，在间套作复合群体的密度显著高于单作情况下，田间风速和 CO_2 交换也会受到阻碍。

（二）复合群体内光的竞争

复合群体内光的竞争，又叫冠竞争，主要表现在多作时，光合作用帽高的高位作物截走了较多的阳光，使光合作用帽低的矮位作物受遮阳；套作时后茬作物受前茬作物遮阳。即高位作物所获得的立体受光优势，往往是建立在矮位作物受光劣势的基础上。争光的后果是：处于多作的矮位作物受光叶面积减少，受光时间缩短，光合作用效率降低，生长发育不良，最后导致生物产量与经济产量下降。并且高位作物株型松散、叶角愈接近水平的，矮位作物受遮阳愈重；矮位作物行数愈少（即所占地面宽度愈窄）愈不耐阴，减产幅度愈大；高矮作物高度差过大，全天受光时间愈短；套种的时间愈早，受遮阳时间愈长（一般如此）；南北行向种植较东西行向种植，矮位作物受影响更大。据原北京农业大学测定，在 1.7～3.3m 的种植带中，玉米下间作的谷子全天受光时间比单作减少 50%～75%，辐射强度减少 36%～72%；间作下的矮秆作物被遮阳后，光合作用速率比不遮阳处减少59%～79%。

此外，遮阳还影响到群体内的光质分布。在田间，群体冠层顶部接受的是完全光谱，经过上层叶片选择吸收，透射到下部的辐射以 >0.72μm 的红光和绿光偏多。Sinclair 和 Lemon（1973）发现，叶面积指数为 3.8 的玉米群体，中午时，底部红外线部分与光合作用有效辐射部分之比为 2∶1，而当太阳高度角低时，在群体底部红外部分比可见光更多，比值达 20∶1。红光线对植物的影响是能引起植物的伸长效应，所以，遮阳能产生茎秆细长等现象。要发挥复合群体密植的互补关系，抑制其争光的矛盾，需要从作物种类、品种的选择，田间结构的配置等方面很好考虑。

二、时间上的互补与竞争

复合群体在时间上的互补，表现为时间效应，即根据时间的延续性，正确处理前后茬作物之间的盛衰关系，因延长光合作用时间所起的增产增值效应。

各种作物的时间生态位不同，都有自己一定的生育期。在单作情况下，只有前作物收获后，才能种植后一种作物。而套作可将秋播作物和春播作物、秋春播作物和夏播作物、甚至多年生与一年生作物，在不同季节里巧妙搭配，在前茬作物生长的后期套种后茬作物，使在一年内一熟有余、两熟或三熟生育期不足的地区，解决前后茬作物争季节的矛盾，实现一年多熟，充分利用一年之中的不同季节。如四川丘陵旱地，全年热量两熟有余，三熟不足，采用小麦、玉米、甘薯三茬作物连环套种，小麦、玉米共处 40 ~ 50d，玉米、甘薯共处 50 ~ 60d，可争取近 100d 的生长期，能实现一年三熟，比小麦玉米、小麦甘薯两熟，增产 1/3 ~ 1/2，经济效益显著。

时间的充分利用，避免了土地和生长季节的浪费，意味着挖掘了自然资源和社会资源的生产潜力，有利于作物产量和品质的提高。然而实行套作也存在着前后茬作物争季节的矛盾。在一年只种一季作物时，可从获得最高产量出发，选择最适宜的作物种类和品种。但套作时，为使套种的后茬作物及早播种，良好生长，前茬作物、品种的生育期则不能太长，不适晚熟。如小麦套种（麦收前 7 ~ 10d）玉米，小麦品种鲁麦 1 号和鲁麦 15 号都可获得小麦高产，但前者收获期较晚，要使玉米保证有足够的生育期，则以种植鲁麦 15 号为好。另外，前后茬作物也存在着争播种面积的矛盾，因为前茬作物要套种后茬作物就需要预留套种带（行），这样一般使前作的播种面积都较单作时为小。所以，套作时要处理好利用光合作用时间方面的矛盾，也需要从作物种类、品种以及田间结构等方面予以解决。

三、地下养分、水分的互补与竞争

多作地下因素的互补，表现为营养异质效应，即利用作物营养功能的差异，正确组配作物所起到的增产、增收作用。

作物的营养生态位不同。利用其营养生态位的异质性，可以协调地全面均衡地利用地力，提高产量。首先，作物的根系有深有浅，有疏有密；分布的范围，尤其是密集分布的范围都不相同。深者如乔木树种可达数十米之多，浅者如草本植物仅数十厘米。在农作物之间也有较大的差别，棉花、高粱和玉米的根系较深，而水稻、谷子、甘薯和花生较浅，例如：小麦最深的根可达 150cm，向日葵达 240cm，而水稻只有 50 ~ 60cm，大豆根系 86.5% 处于 0 ~ 10cm 土层内，至 40 ~ 50cm 处只占其根量的 0.4%。由于各作物根系的不同，它们种植在一起，在地下分布的位置存在着互补现象。

不同作物的根系从土壤中吸收养料，在种类上和数量上也有不同。玉米和小麦都是需水需肥较多的作物，并且更需要较多的 N 素养料；烟草和甜菜施用 N 肥偏多，反而影响其工艺品质；豆类能固定自身需 N 总量的 1/4 ~ 1/2，绿肥作物还能增加土壤中的 N 素；甘薯和芝麻对于 K 素有着特殊的需求；紫云英油菜则具有较强的吸收难溶解 P 素的能力等。所以，将需肥和吸肥特点不同的作物搭配种植，能互补地全面均衡地利用土壤中的养

分，充分发挥土地生产潜力。

多作作物的地下部分不可避免地也发生着水肥竞争，又称根竞争。从作物生育阶段和生长特性看，竞争能力强的根系特点是：生长早、扎根深、分布广、侧根或根毛多、根的吸收能力强以及有较高的根/茎比或根长/根重比等。

四、生物间的互补与竞争

多作复合群体中的种间相互关系，除了表现在对空间、时间和水肥利用方面的互补与竞争外，通过植物本身及其分泌物也还直接产生生物间的互补与竞争影响。

（一）边行的相互影响——边行优势与劣势

多作作物高矮搭配或存在空带，作物边行的生态条件不同于内行，由此而表现出来的特有产量效益称为边际效应。高位作物边行由于所处高位的优势，通风条件好，根系竞争能力强，吸收范围大。生育状况和产量优于内行，表现为边行优势或叫正边际效应；同时，矮位作物边行由于受到高位作物的不利影响，则表现为边行劣势或叫负边际效应。

（二）病虫害和抗灾的相互影响——补偿效应

多作复合群体中，由于多种作物共处，能减轻病虫害、草害和旱涝风自然灾害的效应称为补偿作用；导致病虫害加重的效应为致害效应。

多作复合群体改变了作物单作时的田间小气候状况，直接影响到病虫害发生环境，可使生态可塑性较小的病虫害减轻。一般高位作物由于通风透光条件的改善，可减轻因高温潮湿而盛发的病害，如玉米叶斑病、小麦的白粉病和锈病以及棉花的叶斑病和铃病。同时可减少喜潮湿郁蔽的害虫，如玉米螟虫。矮位作物所处环境湿度提高，大豆的蚜虫减少。多作作物种类增多，也可因害虫天敌的增多而减轻虫害。如在麦棉套作田里，由于瓢虫和食蚜虻等天敌的繁殖，和麦行的阻隔，棉蚜迁入机会少，限制了棉蚜的早发生，为害比单作棉田轻。此外，间混套作中一种作物为另一种作物起了机械的支持作用，也是一种补偿作用。如豌豆与麦类混播，豌豆的产量较高，其中，很重要的一个原因是麦类成了豌豆的支柱，使豌豆有较好的通风透光条件。

多作有时还可以抑制杂草。多年生牧草在第一年生长缓慢，常遭杂草的排挤，若与麦类作物混播，可以借麦类作物的快速生长抑制杂草，保证多年生牧草的正常生长。

（三）分泌物（生物化学）的相互影响——正对等效应

自20世纪30年代以来，关于植物之间生物化学相互关系的研究资料表明，作物（植物）在它的生育期间，通过其地上部分和地下部分经常不断地向环境中分泌气态或液态的代谢产物，这些有机物质的混合物有碳水化合物、醇类、酚类、醛类、酮类、酯类、有机酸、氨基和亚氨基化合物等。这些分泌物对周围的微生物或其他作物能产生有利的或不利的影响（或互不影响）。作物之间通过生物化学物质，直接或间接地产生有利的相互影响，称为正对应效应；产生不利的相互影响，为负对应效应。

五、减少竞争原理

生物与环境长期互作的结果，形成不同生物的生态位。生态位（niche）最先由 Grine 于 1971 年提出，其后许多学者从不同角度给其不同的定义。目前最具有影响且被普遍接受的是 Hutchinson 定义，即一个生物体的生态位就是一个 n 维超体积，这个超体积所包含的是该生物生存和生殖所需要的全部生活条件。因此，与该作物生活有关的所有变量都必须包括在内，且它们彼此独立，或者说，生态位指生物在完成其正常生活周期所表现的综合适应性。高斯（Gause，1934）通过对亲缘接近的种类间，即生态位相似的草履虫—大草履虫和双小核草履虫的实验，提出竞争排斥原理：在一个稳定的环境中，生态位相同的物种不能经久地共存在一起。

多种复合群落是一个极其复杂的生态系统，竞争排斥作用表现在作物与作物、作物与病虫、作物与杂草、作物与人的行为等方面，应用高斯的竞争排斥原理，减少作物的竞争就必须保证复合群体中，不能共存两个生态位完全相同的物种，必须选择生态位有差异的类型，以协调物种间在时间、空间、营养方面的分离关系，增强互补作用，发挥间套作全面增产效应。

第三节　多作种植的互补与竞争

一、互补

不同作物或品种在生长发育过程中的需光、需温、需水、需肥特性不同，植株高度、根系种类和深浅、株型和叶型等各不相同；抗（耐）病、虫、草害等能力也不一样；在农田中的种植密度、带距、株行距等差别显著。如果组合和搭配得当，就可以利用单位空间和时间的资源，产生互作效应。多作种植的最大优势是增加了群体的截光量，提高了光合作用利用效率。还利用了植株高矮的差别，使上茬作物为下茬作物留下一定宽度的套作行，或不同作物之间有一定宽度的间作行，形成高矮不同作物相间排列的农田配置，产生边行优势，提高水肥利用效率，也可使田间通风透光良好，使个体生育正常，群体生产力强。

二、竞争

在同一田地上，如果不同作物之间组合、搭配不协调，就会产生竞争，甚至是激烈的竞争，主要反映在截光与水、肥问题上。

不同作物种类之间体现“种间竞争”。

三、异株克生（Allelopathy）

Allelopathy 一词来源于两个希腊词 Allelon 和 Pathos，意味着“相互”和“受害者”。

所谓“异株克生”，是指生物通过自身产生并释放到周围环境中的化学物质，对另一

些生物（同种或异种）产生毒害作用的现象。“异株克生”也称“化感作用”。20 世纪 40 年代就有关于异株克生现象的报道。至今，异株克生现象在农业上和林业上已被普遍发现。禾谷类作物如小麦、玉米、水稻、黑麦、大麦、高粱和珍珠粟等残留物的异株克生影响，自 20 世纪 60 年代至 90 年代均有研究。

（一）多作种植中的异株克生

在间作或混作体系中，如果搭配不当，一种作物就能对其他作物起到抑制作用。

例如，Narwal 和他的助手们报道了珍珠粟对印度菜籽、小麦、大麦、小扁豆、鹰嘴豆等作物发芽和幼苗生长的影响以及大豆的根水取物对油菜和芥菜的影响。Rizvi 等报道了咖啡因和尼古丁对玉米的异株克生影响。

在荞麦×芥菜混作中，荞麦的根分泌物抑制芥菜植株的生长（Tsuzuki，1980）。在燕麦×紫花苜蓿混作中，有的苜蓿品种降低了燕麦的籽粒产量（Nielsen 等，1981）。

在玉米//水甜瓜间作中，玉米花粉降低了水甜瓜幼苗的呼吸和生长率（Cruz 等，1988）。

轮作中，一种作物残留物分解而释放的植物毒素或根渗出液中的毒素，通过接触进入后继作物的根系，就可产生异株克生。

据归纳（贺观钦，1992），春小麦对大麦、亚麻，鹰嘴豆对马铃薯、蓖麻、菜豆、向日葵、玉米、芝麻，大麻对红麻、蓖麻，荞麦对玉米，大麦对菜豆、鹰嘴豆、苜蓿，冬黑麦对冬小麦，向日葵对玉米、菜豆、鹰嘴豆有异株克生抑制作用；春小麦对大豆、芝麻、瓜类、蓖麻，菜豆对大麻、蓖麻、马铃薯、豌豆、瓜类、向日葵、籽用亚麻，豌豆对马铃薯、苜蓿，鹰嘴豆对春小麦、大麻、亚麻，马铃薯对大麦，大麦对向日葵，蓖麻对玉米、菜豆、鹰嘴豆，红麻对大麻、蓖麻无抑制作用或有促进作用。

周淑清、黄祖杰、阿荣（1998）研究了瑞香狼毒（*Stellera chamaejasma* L.）的异株克生现象。这是一种草地常见的有毒植物。通过生物测定结果，初步了解狼毒对他种植物具有异株克生作用。

郝双红、马志卿、张强等（2004）报道了他们的研究结果。以油菜、黄瓜、小麦和高粱 4 种作物的种子为试材，用种子萌发法初步测定了采自中国西北的 6 科 36 属 48 种植物样品的异株克生作用。结果表明，有 43 种不同植物样品对至少一种供试作物种子发芽后的生长有 70% 以上的抑制作用；豆科的野豌豆、白花草木樨、黄香草木樨，藜科的野滨藜、西伯利亚滨藜、盐爪爪、伊朗地肤、灰绿藜、碱蓬、猪毛菜，毛茛科的美花铁线莲、银叶铁线莲 12 种植物样品，对供试 4 种作物种子的幼根及幼芽的生长均具有较强抑制作用，其中，野滨藜、盐爪爪、伊朗地肤 3 种植物样品的抑制率均高于 80%，其克生作用的活性表达为进一步深入研究植物种群生理生态机制提供了理论依据。

（二）近来关于异株克生或化感作用的研究报道

芦站根、周文杰（2008）以黄顶菊新鲜植株为材料，用蒸馏水浸提活性物质，得到 100%、50% 和 10% 的植株各部位浸提液，用培养皿滤纸法对玉米种子的化感作用进行了初步研究，结果表明：①黄顶菊地上部分和地下部分水浸提液均对玉米表现他感作用，不

同部位不同浓度浸提液的他感作用效果、强度存在差异；②不同部位浸提液对玉米种子萌发率既有促进作用又有抑制作用，其中，抑制作用最强的为100%的花和50%的根的浸提液，总体上花的浸提液的抑制作用最强；③不同浓度的不同部位黄顶菊浸提液对芽长影响与对照相比差异均达到极显著，均为抑制；④不同浓度的不同部位黄顶菊浸提液对根长的影响是，抑制作用大于促进作用。

芦站根、周文杰、郑博颖等（2011）还研究了黄顶菊对2种蔬菜种子和幼苗的化感效应。结果表明：黄顶菊浸提液对油麦种子发芽率和发芽速度指数均有显著的抑制效应，而对油菜影响不显著；黄顶菊浸提液能显著抑制油菜、油麦幼苗的根长和苗高。综合各项指标，黄顶菊对2种蔬菜的化感综合效应（SE）随黄顶菊根、茎叶浸提液质量分数的增加而增大，对同一受试植物而言，黄顶菊根的浸提液化感效应大于茎叶化感效应；油麦受黄顶菊化感抑制作用的影响大于油菜；黄顶菊对油菜、油麦根部生长的影响大于地上部。不同生长时期对化感物质的敏感程度不同，苗期比发芽期敏感。

耿广东、程智慧、张素勤（2008）以莴苣为试材，通过辣椒植株水浸液、水浸液醇溶组分和根系分泌3种方法收集化感物质，研究了不同浓度的化感物质对莴苣的化感效应。结果表明，3种方法收集的化感物质对莴苣均表现为高控低促的化感浓度效应，并且对根部生长的影响远大于地上部，不同生长时期的莴苣对化感物质的敏感度不同，苗期比发芽期敏感。

耿广东、程智慧、孟焕文等（2005）还通过测定西瓜植株水浸液对其他蔬菜及其自身种子发芽和幼苗生长的影响。结果表明：低浓度的西瓜水浸液对黄瓜、西瓜、辣椒、莴苣和番茄的种子发芽及根生长表现抑制效应，对黄瓜和西瓜的地上部生长表现促进作用；随着水浸液浓度的增加，对莴苣种子发芽和幼苗生长的抑制效应加大，莴苣体内保护酶和MDA的变化与西瓜植株水浸液浓度的增加有密切关系。

王瑞龙、张墨溪、宋圆圆等（2010）采用室内生测试验和盆栽法研究了3种豆科牧草对4种农田常见杂草和水稻化感作用。结果表明：豆科牧草茎叶的水浸提液对狗牙根、稗草、马唐和牛筋草等的萌发率和幼苗生长均有不同程度的抑制作用，且随着水浸提液质量浓度的增加其抑制作用增强。浸提液质量浓度为0.1g/ml时，毛苕子对稗草种子萌发的抑制作用强于其他3种，抑制率达50.8%；毛苕子对牛筋草幼苗根的抑制作用最强，抑制率达59.9%；白三叶对稗草幼苗茎的抑制率达54.3%。同时当豆科牧草的$m_{(土)}$为1%和2%时，对水稻的苗高和地上部分的生物量有促进作用，3%时则抑制了水稻的生长。表明施用适量的豆科牧草可以促进水稻生长，同时可有效控制稻田杂草。

赵庆芳、郭鹏辉（2007）研究了党参水浸液对不同作物的化感作用。结果表明：党参植株水浸液对小麦、黄瓜、萝卜、白菜和玉米等作物幼苗根长、生长和干重表现为抑制作用，具有明显的化感抑制作用，浓度越高抑制作用越强；党参植株地下部分水浸液对不同作物的化感效应大于地上部分。

邓明华、文锦芬、邹学校等（2007）以生菜和大白菜为受体，研究了辣椒植株水浸液对两种蔬菜种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明：低浓度（0.01g/ml）的辣椒水浸提液对生菜和大白菜种子发芽率、发芽指数、幼苗根长和苗长均表现为促进作用；高浓度（0.03g/ml、0.04g/ml）的辣椒水浸提液对生菜和大白菜种子发芽率、发芽指数、幼苗根

长和苗长均表现为抑制作用。随着浓度的加大，抑制作用增强；浓度为0.02g/ml的辣椒水浸提液对生菜的种子发芽率、发芽指数、幼苗根长、苗长和大白菜的根长有明显的抑制作用，而对大白菜的种子发芽率、发芽指数和幼苗苗长有促进作用。

吴会芹、董林林、王倩（2009）以黄瓜、生菜和茄子种子为受试材料，采用室内生物测定方法研究了玉米、小麦秸秆水浸提液的化感作用。结果表明：作物秸秆对蔬菜种子的影响有抑制、促进、促进/抑制双重作用和无显著作用等多种形式。玉米水浸提液对黄瓜种子活力指数、幼苗根长和鲜质量显著抑制，对苗高和干质量表现低浓度促进高浓度抑制；对生菜、茄子种子的发芽和根系生长显著抑制，对苗高和鲜质量均表现促进/抑制双重作用。小麦秸秆水浸提液对黄瓜苗高、鲜质量表现促进作用；对生菜种子活力指数和幼苗根长具有显著抑制作用，对其苗高和鲜质量均表现促进/抑制双重作用；对茄子发芽率显著抑制作用，对其根长、苗高和鲜质量均表现双重作用。根据化感敏感指数，玉米秸秆水浸提液对受体蔬菜的化感作用强于小麦；生菜对秸秆浸提液最敏感，茄子次之，黄瓜最不敏感。

（三）异株克生的利用

很多研究表明，对于农业生产，异株克生还有可利用的一面。利用得当，可提高粮食作物、蔬菜、水果产量和促进林业生产，减轻现代农业实践中的有害影响，维持土壤生产力，消除环境污染。

1. 对作物生长和产量的影响 作物之间的组合得当，就可发挥促进作用。

例如，白芥×豌豆混作体系是较好的组成作物。

燕麦×白羽扇豆混作，燕麦吸收的P比单作时多（Rakhteenko and Egrova，1971）。

玉米×马蚕豆混作，与单作相比产量提高，有利于组成作物之间根分泌物的较多交换（Rronin等，1972）。

在芥菜//硬花球花椰菜（花茎甘蓝）间作中，芥菜促进了硬花球花椰菜的生长，提高了产量参数，从而有较高的产量（Jimenez-Osornio and Gliessman，1987）。

在玉米×大豆混作中，晚熟大豆品种促进玉米生长，提高了混作系统的生产率（Lykhvar and Nazarova，1970；Gulyaev等，1970）。

凡此种种，不多赘述。

2. 生物除草 据报道，在30万种绿色开花植物中，有近6 700种在世界农业生态系统中被列为杂草，其中，又有76种杂草被归结为“世界性最有害杂草”。异株克生有助于除草（Zimdahl，1987）。主要通过3种途径：①遏制杂草种子发芽和出苗；②通过增加作物的异株克生潜力，特别是在单作中扼制杂草生长；③在轮作和间作体系中植株残留物的利用。

据报道，玉米花粉的水取物能强烈抑制一些杂草的生长。

玉米生长能显著减少红根猪草（一种乡村藜）地上部分的生长和干物质积累。杂草受抑制的程度随着玉米生产率的增加而增加（Dzyubenko and Krupa，1974）。

小麦秸秆的冷水取物能影响一年生阔叶杂草的发芽和生长（Steinsiek等，1980）。另据Lovett等报道，田豌豆、小麦和油用油菜可分别减少杂草种群的71%、53%和33%。

高粱具有巨大的控制杂草的潜力。高粱和苏丹草在早春覆盖苹果园，可分别减少杂草生物量的85%和90%（Putman and Frank，1979）。

Leather发现栽培向日葵的13个基因型之一，对一些杂草有很强的异株克生作用。向日葵与燕麦轮作5年，明显地降低了禾草类和阔叶类杂草的密度。

3. 开发生物杀虫剂和杀菌剂　利用化感物质控制害虫以及病害发生已有不少报道。除虫菊是多年生草本植物，从除虫菊中提取的除虫菊酯对昆虫有触杀和麻痹作用，人工合成的众多除虫菊酯类似物如溴（氯）氰菊酯等效果很好。人们也可利用某些植物组织的浸出液防治虫害。例如：用飞燕草的浸出液防治果树和蔬菜的害虫，用稠李冬芽杀死苍蝇，用天竺葵的香味驱虫，用薄荷驱螟蛾等。最近有人提出通过开发植物保护剂替代目前广泛使用的化学杀虫剂。植物保护剂可通过驱避和拒食作用来控制害虫数量，如小菜蛾、菜粉蝶等十字花科蔬菜害虫不趋近和取食玉米（禾本科）、大豆（豆科）、瓜类（葫芦科）等植物，也不在这些植物上产卵。

4. 为建立合理的轮作制度和栽培方式提供依据　在同一地块上连续种植一种作物会造成减产，因此，在很多情况下必须轮作。重茬种植作物出现减产除营养重复消耗、病原菌孳生等原因外，化感物质释放和积累是极其重要的原因之一。优质牧草——苜蓿含有化感物质使其有自毒作用，在种植过苜蓿的地块上第二代苜蓿由于自毒作用往往生长不良，所以，在种植第二代苜蓿之前最好先种植玉米和大豆等作物。此外，大豆、高粱、向日葵、黄瓜、茶树和苹果等多种作物都有自毒作用，大豆由于自毒作用连茬种植减产幅度达15%～25%，已从大豆根和植株中分离化感物质的试验表明，它们对大豆有明显的抑制作用。因自毒作用造成的地力衰竭是不能用增施肥料来解决的，最好的方法是建立合理的轮作制度。轮作制度的建立，应充分考虑各种作物间的化感作用是克生抑制还是促进作用，避免抑制利用促进。

5. 指导植物育种　利用传统育种或现代生物育种技术手段，对那些具有高产、优质、抗病等优良性状的作物品种进行化感性状的改变，增强对其他植物（杂草）和减少自身的化感作用，培育抗有害生物的作物品种，最大限度地减少农田生态系统中化学农药的使用，减少连作障碍。许多植物具有对杂草产生强烈化感抑制作用的性状，过去对植物化感育种主要集中在杂草控制方面。生产上特别是蔬菜生产上连作障碍一直是一个严重的问题，虽然可通过轮作、嫁接等方法减轻连作障碍的为害，但根本解决办法还是通过化感育种选育成对自毒或化感作用有着很强抵抗能力的蔬菜品种。随着对化感作用遗传机制的研究，可以通过转基因技术来调节植物的化感作用，进行植物的化感育种。

第二章 间作在露地间作中的特殊作用

第一节 利于多种经营

间作在中国农业生产应用范围广泛，从东北到西南，从东南到西北，可以说有农业生产的地方都可以见到作物的间作生产方式，尤以北方春播玉米区为甚。中国北方玉米春播区，包括黑龙江、吉林、辽宁、宁夏回族自治区（全书简称宁夏）和内蒙古自治区（全书简称内蒙古）的全部，山西的大部，河北、陕西和甘肃的一部分，是中国的玉米主产区之一。该区基本上为一年一熟制，间作约占本区面积40%。属寒温带湿润、半湿润气候带，冬季低温干燥，无霜期130～170d。全年降水量400～800mm，其中，60%集中在7～9月份。该区地势平坦，土层深厚，土质肥沃，光热资源较丰富。农业生产水平较高，玉米增产潜力很大，具有商品生产的优势，适宜与豆类作物间作，以达到粮豆双丰收。常见的间作方式有玉米大豆间作、玉米马铃薯间作、玉米花生间作等。

实行间作套种，操作简便快捷，有利错开农时，省时省工。间作套种后，麦收前就可在空带秋种，变“三夏”为“二夏”。秋作物可提前15～20d成熟，减少了“三秋”期间争劳的矛盾，有利于集中力量适时种好小麦。套种还可错开用水时间，有利于扩大灌溉面积；间作还有利于解决粮、油、菜、烟、药等争地的矛盾，间作时作物生长季节变长，变“一收”为“两收”、“两收”为“三收”，解决作物争地矛盾。麦秋复种地区，由于生长季节的限制，麦熟迟，则秋种迟，秋熟迟，麦又种得迟，形成了恶性循环，影响产量的提高。通过间作套种能够早种早收，使“两迟”变“两早”，克服了秋赶夏、夏赶秋的恶性循环，既有利于夏田播前整地、施肥、适时播种，也能避开秋季阴雨、低温对秋粮的影响，实现麦秋两增产，又解决了麦秋两科争时的矛盾；实行间作，还可以促进露地大田、果园林下等多种经营的发展，促进农业生产向多方面、立体化模式进行。

第二节 间作效益高

一、改善对光能的利用状况

以生产中常见的玉米与大豆间作为例，复合群体除可接受自上面射来的太阳光外，秆高的玉米还可接受到侧面光。侧面光可增加玉米中下部叶片的受光叶面积。据原北京农业

大学研究，在早、晚时，由于太阳高度角小，间作的受光叶面积较单作少，但随太阳高度角大致上升到45°以后，间作的受光叶面积却要增大。另据全天光照测定结果，在玉米间作大豆行比为3∶3、4∶3和6∶3的各种田间配置方式中，玉米株高2/3处，玉米群体的光照强度都高于单作玉米，增加的幅度为8.5%～38.2%。同时，侧面光也提高了对光能的经济利用。因为光线由射到平面改为射到侧面时，受光面积由小变大，可使强光分散为中等光，能比少量叶片处于强光下更有效地利用光能。

玉米与豆、薯等间作还有利于全田分层用光。玉米秆高，具有叶角上冲的窄叶片，豆、薯等株矮、叶片宽而平展，两类作物高矮搭配种植，相当于单一作物种植时的伞状结构。当早、晚太阳高度角小时，具有上冲叶片的玉米可最大限度地吸收太阳辐射量。而当中午太阳高度角大时，矮秆的豆、薯类作物的水平叶对太阳能的吸收起着重要的作用。此外，矮秆的作物还可接收到玉米对太阳光的反射光。

陈玉香等（2004）将玉米与苜蓿间作，结果显示，间作玉米与单作玉米比较，净光合作用速率呈现下降趋势，玉米籽粒产量明显下降；间作苜蓿与单作苜蓿相比，净光合作用速率也有所下降，干草产量也下降，但质量有所提高。就整个间作群体而言，土地单位面积产值提高。

沈洁等（2005）采用单因素随机区组设计，研究茶树与苜蓿间作条件下主要生态因子特征。结果表明，在盛夏季节，间作能降低茶园光照强度、空气温度，提高系统内的空气相对湿度，且随着间作密度的增加其效应更加明显。

二、改善通风与CO_2的供应状况

玉米与豆、薯等带状间作，在田间形成“走廊”，有利于空气的流通。原北京农业大学研究，在1～2级微风条件下，间作的宽行比等行单作玉米风速增加1～2倍。又在多种间作田间配置下，于玉米3个生育期全天测定，间作玉米株高1/3处的群体风速（各行玉米的两侧）皆高于单作，增加幅度在5.0%～17.5%。风速加大，风在边行上的摩擦加强了边行附近株间的乱流。间作中、高、矮作物群体受热不匀，也造成乱流的加强。河南省气象局农业气象室等测定，间作大豆在20～40cm层次内，大豆的乱流交换系数为0.002 5m^2/s，而单作大豆仅为0.001 2m^2/s，提高1/3～1倍。乱流的加强，即可加强内外空气的交换，向内补充CO_2。

周苏玫等（1998）对间作群体和风速的研究得出，间作后玉米株高2/3处含CO_2量增加，平均比对照增加9.75μg/g，并随着玉米行比的增加，幅度稍有增大，但基部变化不大，花生也有相同的趋势。间作后玉米行间的风速增大，平均比单作增加0.13μg/g，花生上部比单作增加0.05μg/g，风速与叶温也有关系，风速大，叶温就低，抑制了呼吸作用，表现光合作用上升。

综上所述，间作后种植总密度增加，而不发生过密的弊害，主要在于植株高矮不同的作物共存，能够通风透光。

三、发挥边行优势

对与边行优势在间作中的作用问题一直受到重视，许多学者对间作冬小麦边行增产问

题进行大量研究，认为边行效应的增产幅度在30%～250%。Ayisi等（1997）在油菜和大豆带状间作中发现，油菜边行产量是内行平均产量的225%～590%，大豆未表现出明显的边行优势，但也没有大幅度下降，使这种间作的籽粒产量、油产量和蛋白质产量仍然表现为间作优势。另外一些研究还观察到了两个种均为边行优势的情况，如芥子和向日葵带状间套作中两种作物均表现出明显的边行产量优势。Putnam和Allan（1992）认为，两作物均表现为边行产量优势是由于两种作物对水分和氮的需求在时间和空间有差异所造成的。

Li Long等（2001）对西北一熟制灌区小麦/玉米、小麦/大豆间套作系统小麦边行优势进行了研究。结果表明，小麦/玉米间套作中小麦边行产量优势非常明显，边行籽粒产量较内行增加56.4%～92.2%，平均增产74.3%，达到极显著水平；间套小麦比单作小麦增产64%，其中，边行的贡献达42个百分点，内行的贡献只有22个百分点，即间套小麦增产的2/3来自于边行优势的贡献，1/3来自于内行的贡献。小麦/大豆间套作中，小麦也具有明显的边行产量优势，边行籽粒产量较内行平均高出53.5%；边行生物学产量较内行平均高出42.4%。Li wen xue研究了不同施肥情况下小麦/玉米间套作中小麦的边行优势，结果表明，在不施N肥的情况下，不施P处理边行效应明显，边行比内行增产73.8%，平均增产高达61.9%，施P处理边行比内行增产6.7%～39.3%，平均为23%；随施N量增加，间套小麦边行优势逐渐降低。

叶优良（2008）研究了不同品种小麦/玉米间套作中边行效应，结果表明，不施N条件下，不同品种小麦边行产量比内行增产56.36%～104.04%，比单作增产71.73%～117.34%，边行对增产的贡献占80.43%～104.4%，平均91.65%；施N条件下（300kg/hm^2），边行比内行增产30.58%～82.93%，边行较单作增产58.39%～108.15%，边行对增产的贡献占69.44%～88.69%，平均为78.40%。

四、提高水肥利用率

A. C. Odunze等（2002）研究表明，豆科牧草与玉米间作，其消耗的水分与玉米净作相比，差异不明显。Anthony R. Szumigalski等（2006）研究表明，小麦—碗豆—甘蓝和甘蓝—碗豆间套作方式下，各作物干物质和籽粒中氮的含量与单作相比为最高，说明这些间套作方式能更有效地利用土壤中的氮。Peter Jeranyama（2 000）等也进行了该方面的研究，得到与Anthony R. Szumigalski等相同的结果。

张恩和等（2001）选择小麦与大豆和小麦与玉米2种间作模式，用盆栽法和根系栽培法研究不同供P水平对间作物根系酸性磷酸酶（APase）活性的影响。试验得出：间套种植提高了根系Apase的分泌量，间作大豆比单作大豆平均提高35.9%，而小麦和玉米在间套种植时，也有不同程度的提高，说明间套种植有利于土壤有机P向有效化方向转化，提高利用率。

张伟梅等（2006）研究了山区旱地多熟间套作不同培肥方法的培肥效果。试验结果表明，各种培肥方法的培肥效果依次为三季栏肥还田 > 三季秸秆 + 冬绿肥还田 > 三季秸秆还田 > 冬绿肥还田 > 对照。寇长林等（2002）运用双佳值法对沙质潮土小麦套作玉米和花生种植N肥周年施用量及作物之间分配比例研究。结果表明，该种植制周年N肥最佳

施用量为311.1kg/hm²，3种作物间适宜分配比例为33.7：35.1：31.2，即单位自然面积各作物施N量分别为小麦104.8kg/hm²、玉米27.3kg/hm²、花生72.8kg/hm²，单位自然面积周年施肥量为204.9kg/hm²。该施肥用量比单作常规周年施肥量减少29.9%，但小麦、玉米、花生及总产量分别增产9.3%、3.7%、4.8%和6.3%。

五、改善土壤理化性质

陈玉香等（2004）研究玉米与苜蓿间作的生态效应发现，玉米与苜蓿间作，对土壤理化性质有明显改善，表现在土壤有机质质量分数上升，体积质量下降。土壤全N、全P、全K质量分数升高。宋同清等（2006）在亚热带丘陵区一年生幼龄茶园通过连续4年间作白三叶大田试验，研究其对茶园土壤环境及茶叶品质、产量的影响，结果表明，茶园间作白三叶降低了土壤容重，提高了土壤孔隙度、有机质、全N、水解N的含量及K的活性。消耗了部分有效P；增加了土壤关键层次（0~20cm）和关键时期（4~6月）的水分含量，延缓和缩短了夏季高温干旱与秋季持续干旱时间；获得了土壤降温时增温、保温与恒温时降温的双向动态调控效果，增加了同一层次土壤温度的稳定性，延缓了高温和低温的出现时间，缩短了过度高温时间。从而促进了茶树生长，改善了茶叶品质，显著增加了茶叶产量。与清耕茶园相比，茶园间作白三叶后，春秋茶的酚氨比分别下降了17.10%和30.90%，产量提高了32.65%。Archna Sum（2006）等在印度亚热带地区研究表明，甘蔗与马铃薯、玉米、小麦和菜豆等间作后，土壤中的有机C的含量明显增加，增加量分别为17%、25%、24%和13%。在不同的间作方式下，土壤中微生物C和N含量分别占土壤有机C和总N的2.7%~3.3%和2.6%~3.7%。P. K. Ghosh等（2006）研究，高粱与大豆间作后，土壤中硝酸还原酶及脱氢酶活性和微生物中C含量都有所提高。

六、利于水土保持

向万胜（2001）等对三峡库区花岗岩坡耕地不同种植方式下水土流失规律的定位研究表明，不同种植方式下地面覆盖率差异较大，三熟制下或与多年生植物（牧草、黄花菜）间作时地面的覆盖率为67%~82%，明显大于两熟制（39%），夏季作物为花生时雨季的地面覆盖高于夏作甘薯，其土壤及养分流失量亦相对较低。不同种植方式下，土壤及养分流失的大小顺序为：油（麦）—甘薯>油菜（小麦）—玉米—甘薯>油菜（小麦）—玉米—花生>油菜（小麦）—金荞麦—花生>油菜（小麦）—黄花—花生。吕军杰等（2003）在半湿润偏旱的豫西丘陵区坡耕地上，进行了夏休闲期间不同间作方式的试验研究。结果表明，种植作物（麦—花生）的防径流效果较好。比对照（一般耕作）少2.33mm，比免耕、深松也减少1.87mm与1.59mm，比深翻耕作减少4.07mm。

七、利于病虫害防治

间作复合群体对病虫害的为害程度有一定影响，不同作物的组成和结构可以减轻病虫害发生。麦棉间作田里，由于麦蚜发生早，促进瓢虫和食蚜虫等益虫的繁殖，并且因小麦遮盖，而本来迁徙到麦田较晚的棉蚜，一开始就被益虫所抑制，为害比单作棉田减轻。据河南农业大学（1983）植保系在西华县司渡口村调查，单作棉花4月20日即有蚜虫发

生，至30日百株蚜量达到144头，间套棉花晚5d才有棉蚜，到5月3～10日百株蚜量仅16头。

间作田对有些病害也能起到抑制作用。作物带状间作时，改善了田间通风透光状况，能够减轻玉米叶斑病、小麦白粉病以及棉花叶斑病和铃病。河南农业大学在赵沟试验点调查，带状间作的棉花比单作减少烂铃，大蒜有抑制马铃薯晚疫病的作用。玉米与矮秆作物间作，在复合群体内形成特有的小环境，可直接影响到病虫害发生的环境，使生态可塑性小的病虫为害减轻。如玉米通风透光好，可减轻因高温、潮湿而盛发的大叶斑病、小叶斑病、茎腐病，黏虫、玉米螟也有所减少；而大豆由于环境中湿度提高，蚜虫的为害也减少了。蒋佩兰等（1995）对不同种植方式玉米田害虫及其天敌与产量关系的研究表明，间作的玉米比清种玉米的玉米螟被害株率减少，天敌增多，系统产量提高。Ramalho等报道，玉米大豆间作能抑制杂草生长。

孙雁、周天富、王云月等（2006）进行了辣椒玉米间作对病害的控制作用及其增产效应研究。结果表明：不同模式的辣椒、玉米间作对辣椒疫病和玉米大斑病、小斑病的病害发生均有显著的控制效果。与单作相比，间作对辣椒疫病的防治效果随辣椒行数的减少由35.0%逐渐增加到69.6%；间作对玉米大斑病、小斑病的控制效果随辣椒行数的增加由43.0%逐渐提高到69.3%。证明利用辣椒玉米间作提高物种多样性、增强农田稳定性，可达到有效控制辣椒疫病和玉米大斑病、小斑病的目的。

叶方等（2002）研究红壤旱地不同农田生态系统结构对玉米病虫害的影响。结果表明，间作可减轻玉米病虫害。晚玉米间作绿豆，玉米纹枯病和玉米小斑病的发病率和病情指数均低于清种玉米。

李潮海等（2002）连续两年（1998～1999）根据不同基因型玉米株型的差异和对抗病虫，抗倒伏以及对水分胁迫适应性的差异进行了组合间作试验。结果表明，合理间作的复合群体后期抗逆能力明显提高，其抗病虫、抗倒伏能力和对干旱的适应能力增强。

刘丽芳等（2006）通过田间试验，研究了烤烟与甘薯套种、烤烟与黄花草木樨间种控制烟草病毒病（烟草普通花叶病和烟草蚀纹病毒病等）的控制效果。研究结果表明：烤烟间种草木樨和烤烟套种甘薯的处理不同地减轻了烟草病毒病的为害。特别是对烟草普通花叶病和烟草蚀纹病毒病的防治效果极显著，防治效果分别达到77.24%、77.86%和80%、100%，从而提高了烟草产量和品质。间作处理的较单作相比，烟叶含钾量提高了0.05%～0.92%。

J. D. Gaynor等（2001）研究结果表明，玉米//黑麦草+保护性耕作与传统耕作方式相比，至少可减少除草剂49%的损失。Daniel T. Baumann等（2002）研究表明，韭菜和芹菜间作后，可抑制田间杂草的萌发。

此外，还有诸如麦、棉间作时由于小麦的屏障作用，不仅直接影响棉蚜迁入，而且棉田温度要比单作田低1℃左右，再加上麦行天敌的作用，苗蚜不用施药防治即可控制为害；麦、烟间作由于麦株能阻碍烟蚜迁飞降落，再加上麦田七星瓢虫等天敌的作用，可以有效控制烟蚜的为害；棉花、绿豆间作五六月份，单作田棉棵小，不利于天敌隐蔽、栖息。间作田绿豆发棵快，田间小气候有利于天敌生存、繁衍，而豆蚜又是天敌的好食料，所以，天敌量增加，棉花害虫减轻，一般可少防治1～2遍；棉田间作油菜，在棉田每隔

8～10 行棉花播种 1 行甘蓝型油菜，利用油菜生长快、枝叶繁茂、菜蚜发生早等特点，招引天敌定居、繁殖。棉蚜发生后，油菜上的天敌自动向附近棉苗转移，可以有效地控制或减轻棉蚜、棉铃虫的发生和为害；棉田间种玉米在棉田每隔 10m 穴播 1 行玉米（每亩 50～60 墩，每墩 2～3 株），可以有效地改善棉田生态结构，诱集棉铃虫、玉米螟产卵，从而减少棉苗上的落卵量；棉田间种高粱在棉花畦沟旁栽植少量高粱，可诱集蜘蛛、蚜茧蜂、食蚜蝇、瓢虫、小花蝽等天敌来抑制棉蚜、棉铃虫等害虫的发生和为害；棉田间种胡卢巴（胡卢巴又名香草），具有特殊香味，是一种具有很高经济价值的香料植物，与棉花间种，不仅对前期发生的有翅棉蚜直接具有驱避作用，而且能改善棉田生态环境，有利于天敌生存和繁殖；棉花或油菜间种大蒜，大蒜挥发出来的大蒜素具有辛辣气味，可使为害棉花或油菜的蚜虫“退避三舍”。同时，棉花上二代棉铃虫的发生也明显减轻；大豆或花生间种蓖麻在大豆或花生地里、地边均匀地点种 200～300 株蓖麻，可使到豆田、花生田产卵的金龟甲取食蓖麻叶后中毒死亡，其效果不亚于施用化学农药；玉米间种南瓜，南瓜花蜜能引诱玉米螟的寄生性天敌——黑卵蜂，通过黑卵蜂的寄生作用，可以有效地减轻玉米螟的为害等。

八、效益高

不同间作方式的间作不仅使作物群体通风、透光等条件得到改善，还可以减少作物间的竞争、减轻病虫害发生、有效利用土地资源，使群体更加充分地利用自然气候条件。更重要的是可以增加农民收入，获得更佳的经济效益和生态效益。

耿广东、宋碧、冯道友等（2008）进行了玉米和生姜的间作系统增产增效分析，结果表明：不同带宽间作处理方式对玉米、生姜的影响不同。2.33m、2.67m 和 3.00m 带宽处理的玉米产量分别比对照的降低 22.21%、20.66% 和 27.72%；3.00m 处理的生姜产量最高，为 21 750.0kg/hm^2；2.33m 带宽处理的最低，为 19 927.5kg/hm^2。玉米和生姜间作时，2.33m、2.67m 和 3.00m 带宽处理的两种作物的产值分别为 31 404.30 元/hm^2、32 450.40 元/hm^2 和 32 413.20 元/hm^2，分别比对照（14 752.80 元/hm^2）增加了 112.87%、119.96% 和 119.71%，两种作物的纯收入分别比对照增加了 138.87%、138.94% 和 132.40%。

陆贤荣、陆龙平（2011）为探索经济效益最好的辣椒种植模式，进行了辣椒与玉米不同行比的间作试验。结果表明：玉米间作辣椒 2∶10 型（2 行玉米间 10 行辣椒，带宽 4.7m）的间作方式病害发生轻，在 5 个处理中经济效益最高，总产值为 22 748.64 元/hm^2，比辣椒净作高 11.0%，在相同的栽培管理情况下，能获得较好的经济效益。

彭凤梅等（2001）通过菜用型超甜玉米间作云南高原特有的魔芋地方良种高效栽培模式的研究，结果表明：玉米间作魔芋的产量、效益均明显高于玉米单作；且玉米与不同花魔芋地方良种间作组合的产量及产值差异也较大，其中，以“玉米间作宾川花魔芋”的产量及效益最高，其产值达到 34 860.00元/hm^2。

康庆华等（2001）设计出一种玉米混种菜豆角，间种马铃薯、亚麻，复种白菜的立体栽培模式。试验结果为：此模式种植产出与投入比由单作的（1.63～2.16）∶1 提高到 2.38∶1，其效益是单作田的 2.58～3.15 倍。

吕军锋、张国宏、郭天文等（2011）研究大豆不同间作模式的效益分析。结果表明：间作模式对马铃薯和玉米主要农艺性状影响不明显，大豆有效分枝数较单作分别降低了68.3%和32.1%；两种间作模式的土地当量比均大于1（LER=1.56和1.30），间作优势明显；间作模式下每公顷纯收益较大豆单作分别增加了13 139.55元和10 282.56元，差异均达极显著水平（$P<0.01$）。

李志贤、王建武、杨文亭等（2010）进行了甜玉米、大豆间作模式的效益分析。结果表明：甜玉米//大豆间作模式的土地当量比大于1（1.07），说明甜玉米//大豆具有一定的产量优势；与单作相比，间作甜玉米千粒重提高17.88%，差异显著；甜玉米//大豆间作群体经济效益提高24.08%，养分利用率提高54.09%，两指标的差异达到极显著水平；生长后期，间作对甜玉米光能利用体现出一定的正效应，播后55d间作甜玉米光能利用率较单作增加28.44%。甜玉米//大豆不仅可改善作物群体结构，提高自然资源利用率，而且可减少化肥施用量，具有显著的经济效益和环境效益。

叶优良、李隆、索东让（2008）探讨了小麦、玉米间作和蚕豆、玉米间作对土壤硝态N累积和分布的影响。结果表明：对玉米而言，在小麦收获后还有两个多月的生长期，在玉米收获后土壤硝态N累积量降低，一方面是被玉米吸收，另一方面则可能因灌水和降雨引起硝态N淋失。而小麦的收获期与蚕豆接近，在小麦收获后两个多月时间里硝态N含量的减少，间作蚕豆和间作小麦的硝态N还有可能被玉米吸收利用，而单作小麦和单作蚕豆硝态N累积量的降低则主要是土壤中硝态N的淋失。与小麦收获后相比，在300kg/hm^{2}和450kg/hm^{2}N水平下，玉米收获后单作小麦土壤硝态N累积量减少26.20%和17.57%，占N肥用量的19.76%和7.22%；单作蚕豆分别减少15.33%和58.06%，占N肥用量的10.02%和43.23%。这就说明在单作种植条件下，硝态N的淋失比间作更严重，显然，间作有着更好的生态效益和环境效益。

第三章　大田间作作物的搭配原则

间作在农业生产中已得到广泛的应用，其效果已为科学试验和生产实践所验证。但在群体的互补和竞争的关系中，如果处理不当，互补削弱，竞争激化，结果适得其反。因此，选择好搭配作物、配置好田间结构、协调好群体矛盾是作物间作的重要原则。

一、间作作物与品种的搭配

栽培植物之间存在着相似性和差异性，在形态特征方面表现了大小、高低、形状和颜色等的异同；在生育特性方面表现了生育的快慢和迟早、需水需肥的多少和先后、需光的强弱和长短，以及对温度要求的高低等大体相似或者差异很大，这是事物矛盾的共性和个性在生物中的表现。根据这些方面的差异，合理选择和搭配播期相同或相近、生育期相近的作物及其品种，是大田间作生产的重要原则之一。

（一）生态适应性的选配

作物的生态适应性是作物对外界环境条件的适应能力。在间作复合群体中，根据高斯竞争排斥原理，必须选择生态位有差异性的作物及品种。具体来说，就是生产中应根据对环境生态适应性来选择作物及其品种进行合理搭配。要求间作作物对环境条件的适应性在共栖期间要大体相同，否则，它们根本不可能生长在一起。如东北喜凉的甜菜与广东喜温的甘蔗，天南地北，对光热的适应性相差甚远，且前者耐旱后者耐涝，不能生长在一起；又如水稻、水花生和绿萍等离不开水的喜水作物与芝麻、谷子和甘薯等怕淹忌水作物，对水分的适应性存在很大差异，不能在一起种植；其他诸如对土壤质地要求不同的花生，沙打旺与莲藕、水稻；对土壤酸碱度要求不同的向日葵、甜菜与茶树、烟草都不能实行间作。在生态适应性大同的作物，虽然有生长在一起的可能性，但是还不一定就适合间作。如果它们种在一起，激烈地互相竞争，结果都不会长好，产量也会降低。据河南农学院（1980）试验，棉花与玉米和水稻间作，玉米比单作减产 12.5% ~22.1%，水稻减产 44.9% ~48.0%。因此，在生态适应性大同的前提下，还要生态适应性小异，即在适应的程度又有不同。譬如：小麦与豌豆对于 N 素，玉米与甘薯对于 P、K 以及棉花与生姜对于光照，在需要的程度上都不尽相同，它们种在一起趋利避害，各取所需，能较充分地利用生态条件。

（二）特征特性对应互补

即所选择作物的植株特征和生育特性，在有关的部分或方面相互补充。例如：植株高度要高低搭配，株型要紧凑与松散对应，叶子要大小尖圆互补，根系要深浅密疏结合，生

育期要长短前后交错。只有间作作物特征特性对应互补，它们才能充分利用空间和时间，利用光、热、水、肥、气等生活资料，增加生物产量和经济产量。植株的高矮搭配，是群体结构由单层变为多层，更为充分地利用自然资源，并且带状间作因高低秆作物相间，形成多路“通道”，便于空气流通交换，调节田间湿度和温度。据 1982 年河南农学院测定结果，麦棉豆带状间作棉花，株高 2/3 处的透光率提高 12.5%，风速增加 30.2%，相对湿度降低 4.51%，玉米和大豆间作通风则更为明显。株型和叶子在空间上互补，主要是增加群体密度和叶面积，在一定的范围内叶面积系数提高了。增加光合作用面积，再配合其他条件，有利于光合作用产物的形成。叶子大小和性状互补的应用，在混作和隔行间作的意义更大，根系深浅和疏密的结合，使土壤单位体积内的根量增多，提高作物对土壤水分和养料的吸收能力，促进生物产量增加。并且作物收获后，遗留给土壤较多的有机物质，改善土壤结构、理化性能和营养状况，对于作物的持续增产也有好处。作物生长期的长短前后交错，不管是生长期靠前的和靠后的搭配起来，或是生长期长的和短的间作起来进一步发挥长生长期作物的增产潜力，都能充分利用时间，在一年时间里增加作物产量。

（三）综合效益高于单作

农业讲究生态效益、经济效益和社会效益，要求生产低成本，高产值，取得较大的经济效益。间作选择作物是否合适，在增产的情况下，也得看其经济效益比单作高还是低。一般经济效益高的组合，才能在生产中大面积应用和推广，如玉米大豆间作等。生态效益是经济效益的保证，任何持久稳定的经济效益都必须建立在良性的生态循环中。社会效益对经济效益和生态效益有很大调节和影响，发展什么，也必须考虑到国家有关政策法令和市场的波动等因素。

二、间作群体田间结构的配置

作物群体在田间组合、空间分布及其相互关系，构成作物的田间结构。因作物种类和数目不同，可分为单一群体结构和复合群体结构。间作的田间结构属于复合群体结构，具有垂直结构和水平结构。垂直结构是群体在田间的垂直分布，是植物群落的成层现象在田间的表现，层次的多少由作物种类所决定。一般间作作物种类不多，垂直结构较简单。水平结构是作物群体在田间的横向排列，由于作物是根生，固定于土壤，吸收一定范围内的水分和养料，所以，水平结构就显得非常复杂和尤其重要，对于作物的生长发育和产量形成具有十分重要的意义。垂直结构比较简单，在选择作物品种时就可以基本确定。作物密度、顺序、带宽、幅宽、行数、间距、行距和株距构成作物的水平结构。它们配合协调，能够充分利用自然资源，促进作物生长发育，提高产量；如果配合失调，反而加剧竞争，激化作物之间的矛盾。配置好田间结构是间作技术重要的工作，也是大田作物间作搭配的重要原则。

三、其他搭配原则

（一）高与矮和胖与瘦搭配原则

如玉米与黄豆、黄花与麦类，这两组植物的植株纵横发展，彼此干扰少，更有利于通风透光，促进早熟高产。

（二）单子叶作物与双子叶作物结合原则

如玉米、高粱、麦类与黄豆、花生、棉花、薯类等进行搭配，这样既可用地养地，又能因其根系深浅不一致而充分利用土壤各层次的各种营养物质，不会因某一元素奇缺造成生理病害的发生，同时，还可提高单位面积的整体效益。

（三）习性搭配原则

大田作物中有的作物喜光性强，而有的作物喜欢阴凉；有的作物耐旱怕湿，有的作物又喜欢湿润的环境。所以，应根据它们各自的特点特性，进行有意识的定向和针对性的集约栽培，这样就可达到各自的适应与满足，从而获得比单一种植更高的产量和单位面积的总效益。

（四）生育期长的与短的间作套种原则

让主作物生育期长一点和副作物生育期短一点的进行搭配种植，这样互相影响小，能充分利用当地的有效无霜期而达到全年的高产丰收。

（五）趋利避害原则

在考虑根系分泌物时，要根据相关效应或异株克生原理，趋利避害。已查明，小麦与豌豆、马铃薯与大麦、大蒜与棉花之间的化学作用是无害的，因此，这些作物可以搭配；相反，黑麦与小麦、大麻与大豆、荞麦与玉米间则存在不利影响，它们不能搭配在一起种植。

本篇参考文献

1. 北京农业大学 . 1992. 耕作学（第二版）. 北京：农业出版社
2. 曹广才等 . 1997. 北方旱区多作高效种植 . 北京：气象出版社
3. 曹建敏 . 2002. 耕作学 . 北京：中国农业出版社
4. 曹卫星 . 2006. 作物栽培学总论 . 北京：科学出版社
5. 陈阜，逄焕成 . 2000. 冬小麦/春玉米/夏大豆间套作复合群体的高产机理探讨 . 中国农业大学学报，5（5）：12 ~ 16
6. 陈颖，邹超亚 . 1999. 玉米∥大豆间作复合群体优化配置与生产力研究 . 资源科学，21（4）：75 ~ 79
7. 陈颖，张宪陶 . 2002. 不同种植方式对玉米产量的影响 . 耕作与栽培，（4）：

37～46

8. 陈玉香，周道玮．2003．玉米//苜蓿间作的生态效应．生态环境，12（4）：467～468

9. 陈玉香，周道玮，张玉芬．2004．玉米//苜蓿间作的产草量及光合作用．草地学报，12（2）：107～112

10. 程序．1997．可持续农业导论．北京：农业出版社

11. 邓明华，文锦芬，邹学校等．2007．辣椒植株水浸提液对生菜和大白菜化感作用的初步研究．云南农业大学学报，22（3）：452～455.

12. 丁黎明，张圣旺，刘裕玲．1998．玉米多元多数种植模式的特点、效益及栽培技术．农业技术经济，（6）：61～62

13. 逄焕成，陈阜，张明亮．1995．玉米//大豆间作复合群体光效应特征研究．耕作与栽培，（4）：4～7

14. 郜庆炉，宋留轩，杨怀森．1996．不同种植方式对玉米//大豆间作群体产量形成的影响．河南农业科学，（6）：6～9

15. 耿广东，程智慧，孟焕文．2005．西瓜化感作用及其机理研究．果树学报，22（3）：247～251

16. 耿广东，程智慧，张素勤．2008．不同浓度的辣椒化感物质对莴苣化感效应研究．华北农学报，23（2）：30～33

17. 耿广东，宋碧，冯道友等．2008．玉米与生姜间作复种系统增产增效分析．安徽农业科学，36（21）：8 991，8 996

18. 郭庆法，王庆成，汪黎明．2004．中国玉米栽培学．上海：上海科学技术出版社

19. 韩路等．2000．植物化感作用及其在农业生产中的应用．新疆环境保护，22（2）：88～92

20. 郝双红，马志卿，张强等．2004．48 种不同植物的异株克生作用研究初报．西北植物学报，24（5）：859～864

21. 何世龙，艾厚煜．2001．玉米、马铃薯间套作模式评价．作物杂志，（3）：18～20

22. 贾银锁，郭进考．2009．河北夏玉米与冬小麦一体化种植．北京：中国农业科学技术出版社

23. 蒋佩兰，刘龙旺，章志英等．1995．不同种植方式玉米田玉米害虫及其天敌与产量的研究．江西农业大学学报，17（1）：25～27

24. 焦念元，赵春，宁堂原等．2008．玉米//花生间作对作物产量和光合作用光响应的影响．应用生态学报，19（5）：981～985

25. 康庆华，孙庆德．2001．经济作物产体栽培模式设计及效益分析研究．黑龙江八一农垦大学学报，13（3）：30～34

26. 寇长林，王永歧．2002．小麦套作玉米、花生种植制度氮肥周年平衡施用研究．中国生态农业学报，10（3）：86～89

27. 李彩虹，吴伯志．2005．玉米间套作种植方式研究综述．玉米科学，13（2）：85～89

28. 李潮海，苏新宏，孙敦立等. 2002. 不同基因型玉米间作复合群体生态生理效应. 生态学报，22（12）：2 096～2 103

29. 李隆，杨思存，孙建好等. 1999. 小麦//大豆间作中作物种间的竞争作用和促进作用. 应用生态学报，10（2）：197～200

30. 李增嘉，李凤超，赵秉强. 1997. 玉米间套作种植模式经济效益的分析. 山东农业大学学报，28（4）：383～390

31. 李志贤，王建武，杨文亭等. 2010. 广东省甜玉米//大豆间作模式的效益分析. 中国生态农业学报，18（3）：627～631

32. 梁金城，高尔明. 1993. 栽培与耕作（上）. 郑州：中原农民出版社

33. 林思祖等. 2002. 化感作用在林业中的研究进展及应用. 福建林学院学报，22（2）：184～188

34. 刘京宝，杨克军，石书兵等. 2011. 中国北方玉米栽培. 北京：中国农业科学技术出版社

35. 刘丽芳，唐世凯，熊俊芬等. 2006. 烤烟间套作草木樨和甘薯对烟叶含钾量及烟草病毒病的影响. 中国农学通报，22（8）：238～241

36. 刘巽浩等. 1981. 华北平原地区麦田两熟制的光能利用、作物竞争与产量分析. 作物学报，7（1）：63～72

37. 刘巽浩. 1992. 90 年代我国耕作制度发展展望. 耕作与栽培，63（2）：1～9

38. 刘巽浩，牟正国. 1993. 中国耕作制度. 北京：农业出版社

39. 芦站根，周文杰. 2008. 黄顶菊水浸提液对玉米种子的化感作用. 江苏农业科学，（4）：111～112

40. 芦站根，周文杰，郑博颖等. 2011. 黄顶菊对 2 种蔬菜种子和幼苗的化感效应. 草业科学，28（2）：251～254

41. 陆贤荣，陆龙平. 2011. 玉米、辣椒不同间作方式的经济效益研究. 云南农业科技，（5）：10～12

42. 吕福堂，段玉梅. 2005. 化感作用在生产中的应用. 生物学通报，40（2）：22～23

43. 吕军锋，张国宏，郭天文等. 2011. 西北半干旱区大豆不同间作模式效益分析. 大豆科学，30（2）：234～237

44. 吕军杰，姚宇卿，王育红等. 2003. 不同耕作方式对坡耕地土壤水分及水分生产效率的影响. 土壤通报，34（1）：74～76

45. 马骥，马淑云，程寅生等. 1994. 玉米//大豆间作效应分析. 西北农业大学学报，22（4）：8

46. 彭凤梅，赵庆云，张发春等. 2001. 云南高原玉米、魔芋立体高产栽培模式的效益分析. 中国农学通报，17（4）：45～46

47. 彭少麟等. 2001. 化感作用的研究意义及发展前景. 应用生态学报，12（5）：780～786

48. 沈洁，董召荣，朱玉国等. 2005. 茶树//苜蓿间作条件下主要生态因子特征研究.

安徽农业大学学报，32（4）：493～497

49. 宋同清，肖润林，彭晚霞等.2006. 亚热带丘陵茶园间作白三叶的土壤环境调控效果. 生态学杂志，25（3）：281～285

50. 孙敦立.1993. 栽培与耕作（下）. 郑州：中原农民出版社

51. 孙雁，周天富，王云月等.2006. 辣椒//玉米间作对病害的控制作用及其增产效应. 园艺学报，33（5）：995～1 000

52. 谭秀山，毕建杰，刘建栋等.2010. 玉米种植方式的发展趋势. 山东农业科学（5）：57～59

53. 佟屏亚.2000. 中国玉米科技史. 北京：中国科技出版社

54. 王瑞龙，张墨溪，宋圆圆等.2010. 豆科牧草对4种农田常见杂草和水稻化感作用的研究. 生态环境学报，19（10）：2 307～2 312

55. 王树立.2009. 大豆与玉米间作高产栽培配套技术. 现代农业科技，（4）：188

56. 魏湜，曹广才，高洁等.2010. 玉米生态基础. 北京：中国农业出版社

57. 吴会芹，董林林，王倩.2009. 玉米、小麦秸秆水浸液对蔬菜种子的化感作用. 华北农学报，24（增刊）：140～143

58. 武志杰，王仕新，张玉华.2001. 玉米和小麦间作农田水分动态变化的研究. 玉米科学，9（2）：61～63

59. 向万胜，梁称福，李卫红等.2001. 三峡库区花岗岩坡耕地不同种植方式下水土流失定位研究. 应用生态学报，12（1）：47～50

60. 阎飞等.2001. 论农业持续发展中的化感作用. 应用生态学报，12（4）：633～635

61. 杨友琼，吴伯志.2007. 作物间套作种植方式间作效应研究. 中国农学通报，23（11）：192～196

62. 叶方，黄国勤.2002. 红壤旱地不同农田生态系统结构对玉米病虫害的影响. 中国生态农业学报，10（1）：50～51

63. 叶优良，李隆，索东让.2008. 小麦//玉米和蚕豆//玉米间作对土壤硝态氮累积和氮素利用效率的影响. 生态环境，17（1）：377～383

64. 张恩和.2001. 供磷水平对间套作物根系酸性磷酸酶活性的影响. 西北植物学报，21（1）：53～58

65. 张伟梅，吕周林，姚宏.2006. 旱地多熟间套作不同培肥方法对作物产量和土壤肥力的影响. 中国土壤与肥料，（4）：25～28

66. 赵庆芳，郭鹏辉.2007. 党参水浸液对不同作物的化感作用研究. 安徽农业科学，35（24）：7 511～7 513

67. 赵延魁，王玉凤，阎春风等.1994. 玉米、小麦间套作对光热资源利用效率的研究. 辽宁农业科学，（1）：11～14

68. 郑广华等.1983. 小麦边行优势的初步研究. 山东农学院学报，（2）：13～24

69. 周苏玫，马淑琴，李文.1998. 玉米//花生间作系统优势分析. 河南农业大学学报，32（1）：17～32

70. 邹超亚，陈颖．1991. 玉米//大豆间作复合群体优化配置与生产力研究．资源科学，(6)：1 ~4

71. A. C. Odunze, E. N. O. Iwuafor, V. O. Chude. 2002. Maize/Herbaceous Legume Inter-Crops and Soil Properties in the Northern Guinea Savanna Zone, Nigeria. Journal of Sustainable Agriculture, 20 (1): 236 ~241

72. Anthony R. Szumigalski, Rene C. Van Acker. 2006. Nitrogen Yield and Land Use Efficiency in Annual Sole Crops and Intercrops. AgronomyJournal, 98: 1 030 ~1 040

73. Archna Suman, Menhi Lal, A. K. Singh, et al. 2006. Microbial Biomass Turnover in Indian Subtropical Soils under Different Sugarcane Intercropping Systems. Agronomy Journal, 98: 698 ~704

74. Ayisi, K. K. , Putnam, T. H. nad Vance, C. P. 1997. Strip intecrorpping and nitrogen effects on seed, oil, nad protenin yield of canola and soybena. Agronomy Jounral, 89: 23 ~29

75. Daniel T. Baumann, Lammert Bastiaans, Martin J. Kropff. 2001. Competition and Crop Performance in a Leek - Celery Intercropping System. Crop Science, 41: 764 ~774

76. Daniel T. Baumann, Lammert Bastiaans, Martin J. Kropf. 2001. Effects of Intercropping on Growth and Reproductive Capacity of Late-emerging Senecio vulgaris L. with Special Reference to Competition for Light. Annals of Botany, 87: 209 ~217

77. Daniel T. Baumann, Lammert Bastiaans, Martin J. Kropff. 2002. Intercropping System Optimization for Yield, Quality, and Weed Suppression Combining Mechanistic and Descriptive Models. Agronomy Journal, 94: 734 ~742

78. J. D . Gaynor, C. S. Tan, C. F. Drury, et al. 2001. Tillage, intercrop, and controlledd-rainage-subirrigation influence atrazine, metribuzin, and metolachlor loss. Journal of Environmental QualityMadison, 30 (2): 561 ~573

79. Li L, Sun J. H. , Zhnag F. S. , Li X. L. , Yang S. C. and Rengel Z. 2001. Wheat/maize or soybean strip intercropping. Ⅰ. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Corps Research, 71: 123 ~137

80. P. K. Ghosh, M. C. Manna, K. K. Bandyopadhyay, et al. 2006. Interspecific Interaction and Nutrient Use in Soybean/Sorghum Intercropping System. Agronomy Journal, 98: 1 097 ~1 108

81. Peter Jeranyama, Oran B. Hesterman, Stephen R. Waddington, et al. 2000. Relay-Intercropping of Sunnhemp and Cowpea into a Smallholder Maize System in Zimbabwe. Agronomy Journal, 92: 239 ~244

82. Putnam, D. H. and Allan, D. L. 1992. Mechanisms of over-yielding in a sunflower/mustard intercrop. Agronomy Journal, 84: 188 ~195

第二篇　露地大田间作

第一章　粮食作物间作

第一节　粮粮间作

在北方旱作区，粮粮间作基本以玉米为主体进行。玉米与其他作物间作，多是由于各自对玉米水分、养分的需求时间和种类的多寡不同，可以充分发挥和挖掘旱作区农田生产潜力。同时，间作可以改变作物的采光角度，如可以变单作的平面采光为立体采光，不仅增加了叶面积指数，而且延长光合作用时间，增强了光合作用强度，从而提高单位面积作物产量水平，提高了经济效益。

一、以玉米为主体的粮粮间作

（一）春玉米与春小麦间作

1. 分布地区和条件　春玉米与春小麦间作适宜在无霜期为120～150d，≥10℃积温2 600～3 400℃的河北北部、辽宁、内蒙古、甘肃等冷凉地区种植。

2. 规格和模式　按照166.7cm为一畦，其中，小麦宽100cm，播种5～6行，播幅宽8～10cm，或者播种4行，播幅宽11～13cm，行距20cm，亩播量12～13kg，播深3cm，种子均匀播在规定的幅宽内；玉米高台（高出地面10cm，形成台状）带宽66.7cm，种植2行，行距33cm，株距20cm或者穴距40cm，播深4cm，一穴双株，每亩种植4 000株。

因品种、因地制宜，各地有不同的规格和模式。

3. 技术要点

（1）精细整地，施足底肥　以上述模式为例。秋季收获后，在清除根茬进行深耕翻地的基础上，按照166.7cm一带插标划印做畦，在准备播种的玉米带上中间用大犁开沟，深度16cm，施入底肥，农家肥3 000kg，P_2O_5 4.6kg，纯N 6.4kg，在犁开沟的两边，用山地犁来回向内翻土，形成玉米的带埂，上面拖平、整细，再用碴子压一遍，成为宽66.7cm、高10cm的埂带。等待春季覆膜播种或者直接播种。余下的1m宽小麦地施农家肥4 000kg和P_2O_5 2.8kg、纯N 4.9kg，叠放在上面，翻埋到土中，整平耧细，在夜冻日消时灌1次冻水蓄墒，等待播种。

（2）选用良种，做好种子处理　春小麦选用株高85～95cm、丰产、抗病型品种，如铁春1号、冀新春2号、冀新春4号等。播种用种在晾晒的基础上进行净选，并以种子量的0.1%辛硫磷（有效含量50%）拌种，防治地下害虫，确保苗全苗壮。用种子量的

0.3%拌种防治小麦黑穗病。无霜期在135d以上的种植区玉米选用先玉335、农大108、金海5号等抗逆性强、丰产型的晚熟品种。如果无霜期在120～135d的种植区域要进行地膜覆盖栽培。杂交玉米种子纯度一定达到国家颁布的标准以上，防止出现过多的自交苗而影响产量。玉米在播种前要以种子量的0.06%速保利拌种，防治玉米的丝黑穗病。

（3）适期播种，按规格种植　一般在3月15日前后播种春小麦，每亩小麦用种量12～13.5kg，在1m的小麦带上种4行，行距20cm，播幅宽10cm，播深不过3cm。玉米一般在4月20日前后5cm地温稳定在10℃左右，在66.7cm的玉米带上进行播种，种两行，行距33cm，株距20cm，或者穴距40cm，一穴2株，密度达到每亩4 000株，下种时进行催芽，种子刚露白时，用等距扎眼播种器座水播种，播种深度4cm，确保一次全苗。选择4月20日前后播种可在春小麦116d的全生育期中与玉米共栖期84d。6月初，春小麦进入抽穗期，营养生长结束，叶面积接近最大值。此时玉米生长与小麦刚刚“齐头”，以后玉米的茎叶日益高出于小麦，形成合理的冠层结构，同时也满足了小麦后半生的光照需求。7月20日前后，玉米开始抽雄，功能叶片继续伸展几乎占据了整个空间（这时小麦已经收获），玉米冠层的光照和带距间的通风都可得到满足。

（4）合理肥水运筹　肥水运筹的原则是按着作物的吸肥、吸水规律和设计产量来确定肥料的匹配、肥料的投入量和施用时期。以中等肥力地块为例，亩底施农家肥5 000～6 000kg，在小麦种植带上每亩底施P肥3.8～4.5kg。亩施纯氮12～15kg（其中，种肥50%，三叶后期40%，抽穗期10%），并底施$ZnSO_4$ 1kg。这种“前重后轻”的施肥方式，保证了春小麦的“胎里富”，为壮秆大穗提供了条件。在玉米种植带上亩底施P_2O_5 7～8kg，纯N 21～23kg，（其中，底施35%，另65%在大喇叭口期追肥），并底施$ZnSO_4$ 1.9～2kg。如果在玉米灌浆初期个别地块表现脱肥，要适当追施攻粒肥。在水的运养上重点考虑是春小麦，因为玉米需水临界期与自然降水盛期相遇。春小麦的灌溉指标，据平泉县的资料，在小麦116d的生育期中，小麦正常耗水450～470mm，同期自然降水提供200～220mm，需灌溉补充230～250mm。因此，根据常年降水情况，春小麦生产在冬前造墒的基础上，生育期内要浇好“五水”，即三叶期23m^3/亩、拔节中期35m^3/亩、孕穗期40m^3/亩、扬花期33m^3/亩、麦黄水30m^3/亩。在实际生产中，要根据上述原则，并要看天看地、看苗情具体掌握。在畦灌小麦的同时，对大埂上的玉米也间接起到了供水作用。

（5）科学管理　在春小麦2叶期，于晴天下午进行压麦1～2次，起到蹲苗、松土、灭虫的作用。三叶期后开始小穗分化，要及时追肥、浇水促进生长发育，灌溉后及时耧麦松土，破除土壤板结，增加通透性。四叶期每亩施用2，4-D丁酯50g，加水40kg喷雾灭除田间杂草。到拔节中期对生长旺盛的麦田，每亩用100g矮壮素，加水40kg喷雾，防止一二节过度伸长而造成倒伏。孕穗期进行营养诊断，对缺肥的麦田一般补施5kg尿素。叶喷KH_2PO_3有增加千粒重的作用。根据土壤墒情干旱缺水的需要在拔节孕穗、抽穗扬花、灌浆和麦黄期浇水，每次浇水要看天、看地、看苗情，做到无风时快浇，昼夜不停浇水，防止风刮倒伏。对麦田病虫害，要早期发现及时防治。小麦拔节后要注意防蚜虫、白粉病和锈病。6月下旬至7月上旬，要到麦田进行调查，发现有黏虫卵块，在刚孵化时一次喷药，全部防治，达到治早、治小、治了的目的。小麦蜡熟后期及时收获，以防止千粒重下降。间作的玉米，在4叶期定苗后，进行中耕除

草，大喇叭口期，对玉米要追施N肥，在两株玉米间扎眼深施，均匀施入，然后覆土，并注意防治玉米螟和黏虫。玉米灌浆期遇旱，利用麦田渠道进行一次灌水，增加千粒重，提高产量。玉米要在完熟期后及时收获。

4. 效益分析　根据承德地区多年的试验，结果表明，春玉米与春小麦间作平均亩产1 045.3kg，比单一种植玉米亩产增加608.6kg，增产幅度58.2%，按照每千克2.0元来计算，平均年增加经济效益1 217.2元，在承德面积约8.4万亩的小麦玉米间作的土地上，平均亩产达717.8kg，比单一种植玉米亩增产210.8kg，增产41.6%，经济效益增加3 541.44万元。经济效益非常显著。其增产原理：①充分合理利用光热资源　在适宜区春小麦播种是在土壤5cm深地温达到2~4℃进行的，一般在3月10~20日，比一年一作大田正常播种提早一个月，可以充分利用当地≥0℃的积温240℃以上。玉米是C_4植物，有充分利用光能的生理基础，与小麦间作是高矮搭配，小麦占地的空间可以供玉米充分利用光能，为小麦形成边行优势创造了有利条件。同时由于通风透光条件好，玉米生长势均衡，里外单株穗粒重趋于均匀一致，从而提高了玉米产量。②合理密植，提高了土地利用指数　玉米与小麦带状间作，亩种玉米占地面积不超过2/5，但因通风透光条件良好、密度大，种植密度可达4 000株/亩，相当于一般大田正常的播种密度，亩产可达800kg左右，另占地3/5的小麦，亩产一般也可达250kg左右，即1亩土地能产出1.5亩以上的粮食效益，大大提高了土地利用指数。③解除了玉米旱害威胁玉米与小麦间作，小麦进入3叶期需要浇水施肥，而这次浇水对玉米保全苗则是适时的，待玉米进入雌穗分化期，处于需水需肥高峰，此是小麦浇麦黄水时期，又使玉米收益。因此提高了全年的经济效益，而且促进资源的高效利用。据分析，间作可明显提高间作系统总的生产力，间作农田土壤速效P与根密度的垂直分布呈明显递减特性，30%以上的速效P和40%以上的根干重分布在0~10cm土层，而表层含水率常低于10%，水分空间分布与根系和速效P的错位，限制了P素养分肥效的发挥，通过P肥深施可促进根系在土壤下层的分布，便于深层根系在中后期对养分的吸收。速效N在空间的分布受灌溉的影响很大，生育前期速效N虽然在表层含量较高，但随生育期的推进，逐渐向下层运移，因此，灌溉农田过量施N或施法不当，将造成N素随水流失，降低N肥利用效率。

（二）玉米与大麦间作

1. 分布地区和条件　大麦玉米间作是甘肃河西走廊比较普遍的高产高效种植方式。

该地区气候特点：海拔1 504m，无霜期150d左右，年降水量150mm。年蒸发量2 021mm，年平均气温7.7℃，日照时数3 023h，≥10℃的积温为3 016℃，年太阳辐射总量140~158kJ/cm^2，麦收后≥10℃的积温为1 350℃，属于典型的两季不足、一季有余的自然生态区。

2. 规格和模式　玉米间作大麦生产上广泛应用的模式是：条带状种植6行大麦、2行玉米的间作方式，大麦行距12cm，玉米行距39cm，株距30cm，大麦与玉米间距为25.5cm，一个间作带宽1.5m，其中，大麦占地面积48%，玉米占地面积52%，间作大麦密度为600万粒/hm^2，间作玉米密度为44 460株/hm^2，玉米先播种后覆膜，间作玉米覆膜宽度78cm。

3. 技术要点

（1）选茬整地　啤酒大麦适宜在地力肥沃的豆类茬口上种植，首先要及时深翻灭茬，夏茬地力争在伏天深翻晒，秋茬地随收随翻，熟化土壤。其次是浇好冬灌水，贮水保墒，灌水时间在11月中旬为宜。第三是早春表土层化冻时进行顶凌耙地，使土壤上虚下实，防止水分散失；若土壤干燥要及时镇压保墒，提升地温。结合整地施足基肥，在施肥技术上应侧重施基肥和苗肥，控制中后期施肥。农家肥和P肥宜作基肥、苗肥。一般亩施优质农家肥（腐熟的羊肥）3～5t，一次性施入。整地标准：耕层土壤细碎、疏松、上松下实、地面平整。

（2）选用良种，种子处理　选用良种是大麦高产优质的关键。如甘啤3号、甘啤4号、垦啤2号等适用于河西走廊地区的种植品种。玉米品种选用中单2号，郑单958等。在播前要进行种子精选，剔除各种杂质和秕、瘦籽粒，使大小一致，籽粒饱满、无霉变、无虫害的高纯度种子。为促壮苗和防病害，播前要进行种子处理：一是播前晒种，提高种子活力；二是种子包衣。用种子量的0.2%～0.3%的粉锈宁或0.1%的立克秀拌种，可防治大麦条纹病和网斑病等，玉米要选用包衣种子。

（3）适期早播，合理密植　在日平均气温2℃左右，表土化冻5cm左右时开始播种。河西地区一般在3月中下旬播种较适宜，最晚不超4月20日。播种量的大小要根据品种特性、地力状况和栽培条件来确定。其原则是分蘖力强的品种要求播量小些，反之播量要大些；土壤肥力高，栽培条件好的播量要小些，反之播量要大些。一般每公顷基本苗数在35万株左右，播深4～5cm为宜，播后镇压；播种时播到头，播到边，地头重播小于0.5m，无天窗。玉米4月21日播种，在大麦预留的空当内进行点播，种植密度为3 000株/亩，两作物的共栖期为80d左右。

（4）肥水合理运筹　施肥量按照每公顷施纯N量120～135kg，N：P_2O_5：K_2O为1：1.2：0.5。肥力较高的土壤适当增P、K肥，豆茬地适当减N肥（纯N 7.5kg）。缺B地要拌B肥（种子量的0.25%）或种肥加B肥（7.5kg）。种肥分箱，随播种随施肥。叶面追肥两遍，第一遍结合灭草（3～4叶期）喷施，第二遍抽穗至扬花期喷施，以KH_2PO_3等无N元素的叶面肥为主。对于地力差、基肥不足、苗色淡黄的大麦田，结合灌头水，追施尿素105kg/hm^2左右。在玉米种植带上亩底施P_2O_5 7～8kg，纯N 21～23kg，（其中，底施35%，另65%在大喇叭口期追肥），并底施$ZnSO_4$ 1.9～2kg。如果在玉米灌浆初期个别地块表现脱肥，要适当追施攻粒肥。在有灌溉条件的地方大麦灌头水，一般在幼苗两叶一心至三叶一心时灌头水，尤其在金针虫为害较重的田块，及时灌头水，有利于减轻为害；在3叶到挑旗期，根据墒情和大麦需水规律进行灌溉，这时可以促分蘖形成强壮植株，开花至灌浆初期灌第三水，有利于增加粒重，提高产量。玉米则在抽雄前后要灌水，有利于增加穗粒数，灌浆期再根据墒情和天气进行灌灌浆水，有益于增加玉米粒重，提高产量。

（5）科学管理　在大麦生长期间采取科学管理措施：①干耧湿锄：大麦出苗后至头水前，要抓紧时机干耧锄草；灌水后要及时疏松土壤，以达到保墒、增温、除草，促进大麦苗生长发育的目的。②压青苗：对于生长旺盛的田块在大麦3～4叶期，用V形镇压器压两遍（间隔一周），斜向作业，起到蹲苗作用。③化学除草：在野燕麦常发区播前用燕麦畏进行土壤处理，混土5cm左右；在大麦3～4叶期，用72%2，4-D丁酯0.375～0.45

L/hm^2 +75%宝收（阔叶散）$7g/hm^2$ 或72% 2，4-D丁酯0.375～$0.45L/hm^2$ +75%巨星（阔叶净）7～$10g/hm^2$ 配成溶液进行苗后化学除草，微风天喷施。④促控：在拔节前，喷施壮丰安$555ml/hm^2$ 或多效唑600～$675ml/hm^2$，壮秆蹲苗防倒伏。⑤病虫害防治：在地下害虫为害严重的田块，播前要用有机磷类杀虫剂进行土壤处理，防治金针虫的为害，大麦生长期间，用氧乐菊酯乳剂$750g/hm^2$ 加水450kg喷洒，防治麦蚜等虫害，用70%代森锰锌800倍液喷施防治大麦网斑病等叶斑类病害。在黏虫发生时进行预测与防治，5月20日前在田间设诱蛾器，高度1m，诱蛾液酒、水、糖、醋的比例为1:2:3:4，并加入少量杀虫剂。每天清晨调查一次，每5d换一次诱液。当有60%幼虫达3龄期时用10%氯氰菊酯375～$450ml/hm^2$ 或2.5%功夫375～$450ml/hm^2$ 等菊酯类农药加敌敌畏0.8～1 L/hm^2 +Z-901农药增效剂$225ml/hm^2$ 进行叶面喷洒防治。同时，在玉米拔节以后，及时防治玉米螟，结合大麦防治黏虫，防治玉米黏虫。

（6）适时收获　一般大麦在7月中下旬收获。大麦收获前为提高纯度，收获前在田间清除小麦、野燕麦和其他品种的大麦，确保产品质量和效益。大麦一般要求在蜡熟末期收获，掌握在籽粒正常失水、茎叶鞘失绿现黄、成熟初期收获最好。此时收获，保持较高的千粒重，淡黄有光泽的粒色，籽粒含蛋白质较少，能提高酒的品质，过早或偏迟收获，都会影响粒重、粒色及籽粒品质。大麦应抢晴收获，收后及时脱粒，扬净晒干。切忌收获后堆放或未经晒干就堆藏，以免发热霉变，影响籽粒色泽和品质。采取机械收获时，要注意完熟期收获。玉米在9月下旬至10月初完熟期后及时收获。

4. 效益分析　刘广才（2005）在甘肃省武威市永昌镇研究大麦//玉米间作群体发现，间作群体大麦和玉米籽粒产量分别为12 $118kg/hm^2$ 和17 $578kg/hm^2$，单作大麦和玉米的籽粒产量分别为8 $941kg/hm^2$ 和13 $710kg/hm^2$，比单作增加产量3 $177kg/hm^2$ 和3 $868kg/hm^2$，按照大麦和玉米单价均为2.0元/kg，每公顷间作增产效益高达14 090元，效益非常显著。可见间作对籽粒产量和生物学产量都具有明显的间作优势。但在大麦//玉米间作体系，在玉米不覆膜时地下部强烈的种间竞争产生了间作劣势，而玉米覆膜条件下，当种间地下部分隔时，籽粒产量和生物学产量的LER分别为1.23和1.21，间作相对单作净增产量分别2 856 kg/hm^2 和4 $992kg/hm^2$，说明种间地上部相互作用；当种间根系不分隔时，籽粒产量和生物学产量的LER分别为1.32和1.30，间作相对单作增产量分别为3 $546kg/hm^2$ 和6 221 kg/hm^2，间作优势明显，说明大麦和玉米间作既有地上部种间相互作用又有地下部种间相互作用时，显然玉米覆膜能显著地提高大麦//玉米间作中籽粒产量和生物学产量间作优势；且大麦//玉米间作系统产量间作优势主要来自地上部贡献，其相对贡献以地上部占80%、地下部占20%。而且在大麦玉米间作群体中，大麦竞争N、P、K营养的能力比小麦强，从而使地下部大麦与玉米之间的营养竞争比小麦与玉米之间的营养竞争强烈，这也是大麦//玉米间作系统间作优势地上部贡献率大于小麦//玉米间作系统的原因。大麦玉米间作群体的种间相互作用提高了间作大麦氮素当季回收率，但使与其间作的玉米氮素当季回收率降低。

（三）玉米与高粱间作

1. 分布地区和条件

（1）春播早熟高粱区　春播早熟高粱区包括黑龙江、吉林、内蒙古全部，山西、陕

西、河北、辽宁北部，甘肃省中部和河西地区，新疆维吾尔自治区（全书简称新疆）的北疆等地区。该地区属温带气候，冬季温度低而寒冷。海拔100 ~ 3 000m，年平均气温为2.5 ~7℃，夏季平均气温20 ~23℃，年≥10℃积温为2 000 ~ 3 000℃，无霜期120 ~150d，年降水量100 ~700mm，降雨多集中于夏季。

（2）春播晚熟高粱区　春播晚熟高粱区包括辽宁省西部和南部，北京、天津、河北、山西、陕西中部和南部，甘肃陇南和陇西，宁夏的黄河灌区、新疆的南疆和东疆等地区，是中国高粱的主产区，单产水平高。该地区属温带和暖温带气候，海拔2 000m，年平均气温为8 ~14.2℃，年≥10℃积温为3 000 ~ 4 000℃，无霜期150 ~250d，年降水量100 ~800mm。多数地区在高粱生长期间雨量较多，温度适宜，日照充足，适宜高粱的生长发育。但本区冬季降水量少，春季干旱多风，不利于播种保苗。秋季雨量较多，低洼下湿地高粱生长后期应注意防涝。

（3）春夏兼播高粱区　春夏兼播高粱区包括山东、河南、江苏、安徽、湖北等省全部，四川大部和河北少部分地区。春播高粱多分布于土壤比较瘠薄的低洼、盐碱地上。夏播高粱主要分布在中等肥力土地上。春播高粱多采用中晚熟品种，夏播高粱多采用生育期不超过120d的中早熟品种。该地区属暖温带和亚热带气候，温度较高。海拔24 ~ 3 000 m，年平均气温为14 ~17℃，年≥10℃积温为4 000 ~ 5 000℃，无霜期200 ~280d，年降水量500 ~ 1 300mm。

（4）南方高粱产区　南方高粱产区包括湖南、江西、浙江、福建、广东、广西壮族自治区（全书简称广西）、云南、贵州等省，面积较小。该地区属热带、亚热带气候，气温高、雨量充沛，无霜期短，适于高粱生长的日期较长，一年四季均可种植高粱。海拔400 ~1 500m，年平均气温为16 ~22℃，年≥10℃积温为5 000 ~6 000℃，无霜期245 ~365d，年降水量1 000 ~2 000mm。

2. 规格和模式　玉米按大行距80cm、小行距40cm播种。播种密度因品种而异，平展型玉米种一般亩栽3 300 ~3 500株、半紧凑型玉米种一般亩栽3 800 ~ 4 000株、紧凑型玉米种一般亩栽4 500 ~ 4 800株。在高粱免耕套播时，应顺玉米行向开穴点播，规格为行距25 ~30cm，株距20 ~25cm。每穴播种3 ~4 粒，最终留1 苗，亩播量1.5 ~1.6kg。

3. 技术要点

（1）选地整地　高粱属C_4植物，光合作用强，茎叶表现蜡质、硬朗，根系细密坚韧、发达。春玉米套种秋高粱，采用地膜覆盖栽培技术，前作土壤肥力条件好，能保证高粱高产生长环境需要。如果土壤耕层浅薄、贫瘠，则通气性差，植物根系伸展受阻，生长环境恶化，遇干旱易萎蔫，植株矮小，光合作用等生理过程受到抑制而使生长缓慢或停顿。因此，选择通透性好、肥力中上等、阳光充足的地块是秋高粱高产的前提条件。播种前进行两犁两耙，耙细整平。按1.2m开条沟施肥，施腐熟农家肥30t/hm^2、30%复混肥1 125kg/hm^2，然后按大行距80cm起厢、行距40cm、株距30cm播种。

（2）播期安排　在确定秋高粱播种期时，一方面要考虑不能太早使玉米高粱共栖期过长，另一方面也不能过晚使高粱后期遇低温成熟不好而减产，只有这样，才能保证春玉米与秋高粱均得到高产。按玉米地膜覆盖栽培技术规程于3月14日播种春玉米，一般在7月22日左右在春玉米株距间打穴破膜直接播种秋高粱。各种农作物每个发育阶段都要

求一定量的光照时数、热量和水分条件，其过多过少都对作物生产发育带来不良影响。光的强弱、光照时间长短直接影响到作物的光合作用与有机物质的积累，温度高低影响到作物养分输送、吸收、利用的快慢，同时，水分也直接影响作物对养分的吸收和利用。高粱在整个生育期喜温凉气候，对水分要求前期少、中期较多、后期偏少。春玉米套种秋高粱能合理利用光照、温度、水分等自然要素，趋利避害，满足高粱正常生长需要，出苗期有春玉米遮阳，避免太阳光直射和雨水直接冲刷，最关键的是把高粱抽穗扬花期调节到秋高气爽的 10 月份，避开了 6 月份高温多雨季节。

（3）玉米田间管理 待春玉米出苗后，及时破苗接苗，查苗补苗，幼苗长到 4 叶时定苗，每穴留 1 株壮苗，用细泥土封好破膜口。玉米苗长到 7 叶时至玉米地发现有分蘖的及时除蘖。

（4）高粱播种 播种前 7d 清除春玉米主茎苞位以下叶片及畦沟杂草。穴深 2 ~ 3cm，每穴播种 8 ~ 10 粒。播后用细泥土覆盖，以不露种为宜。

（5）高粱管理 播种后 6d 检查出苗情况，及时补苗；4 叶时进行定苗，每穴留 2 个壮苗。采用地膜覆盖栽培技术进行春玉米套种秋高粱，可以保水保肥，使有机质含量高，促使土壤内的好气性微生物活动旺盛，养分释放快。中后期管理到位与追肥及时，也是保证秋高粱高产的基础。6 叶时追施 30% 复混肥 750kg/hm^2。9 月 18 日用敌杀死 300ml/hm^2 加水 900kg 喷雾防治螟虫。

（6）收获 待春玉米成熟 95% 时，于 8 月 2 日收春玉米，秋高粱 11 月 22 日前后收获。

4. 效益分析

（1）经济效益 采用地膜覆盖栽培技术进行春玉米套种秋高粱，能节约秋高粱犁、耙、开厢、整地人工 90 个/hm^2，按广西南丹县近年人工费折合人民币每个人工工日 30 元，计人民币 2 700 元/hm^2，节约农药 300 元/hm^2，节约喷农药人工费 300 元/hm^2，节约人力和投资 3 300 元/hm^2，经济效益显著。2006 年对南丹县大厂镇翁乐村拉叶屯进行的春玉米套种秋高粱试验地进行测产验收：春玉米华玉 4 号平均产量 9 267. 3kg/hm^2，秋高粱平均产量 3 227. 55kg/hm^2，两季平均产量 12. 495t/hm^2。

（2）社会和生态效益 春玉米套种秋高粱能充分利用当地一造有余、两造不足的气候条件发展粮食生产，可以大幅度提高土地利用率和单位面积产量。依靠科技，改革耕作制度，适当延长一年中的有效生产时间，充分利用土壤中的养分、水分和一定耕地面积上的太阳能，有效解决不同作物之间争地的矛盾，促进农民增产增收。

（四）玉米与谷子间作

1. 分布地区和条件 玉米//谷子间作既能在雨水正常或偏多的年份充分发挥玉米的增产优势，又能在雨水较少的干旱年份充分发挥谷子耐旱稳产的特性，对秋粮丰收起到了双保险的作用。玉米谷子间作适宜在雨水较少、降水年际变化较大、旱灾频繁发生的地区种植。尤其以耐旱、耐瘠薄和耐储存的特点，在旱作农业中居重要地位。谷子在北方的干旱、半干旱地区种植面积较大，尤其是东北、西北和华北等地是中国的谷子主产区。

2. 规格和模式 玉米谷子间作此模式既为谷子提供充足的光照，又为玉米吸收水分

提供较大的场所。规格和模式主要有以下4种。

（1）2∶6模式　间作带宽2.2m，播种2行玉米，行距40cm；6行谷子，行距20cm。其中，玉米株距20cm，谷子株距3.3cm；玉米谷子间距40cm。

（2）2∶10模式　间作带宽3m，播种2行玉米，行距40cm；10行谷子，行距20cm。其中，玉米株距20cm，谷子株距3.3cm；玉米谷子间距40cm。

（3）1∶8模式　间作带宽2.2m，播种1行玉米，行距40cm；8行谷子，行距20cm。其中，玉米株距20cm，谷子株距3.3cm；玉米谷子间距40cm。

（4）4∶2模式　间作带宽2.8m，播种4行玉米，窄行40cm，宽行80cm；2行谷子，行距20cm。其中，玉米株距20cm，谷子株距3.3cm；玉米谷子间距40cm。

3. 技术要点

（1）选用良种，抢时早播　谷子选用耐旱、宜密植、增产潜力较大的品种，如豫谷6号、矮谷88。玉米选用植株紧凑、早熟、矮秆、耐旱、抗逆性强的杂交品种，如郑单958、农大108等。谷子于6月5日前播种，玉米于麦收前7～10d按模式套种完毕。

（2）精心选茬、整地　玉米//谷子间作模式一般选择在3年以上未种过谷子的田块较好。秋季前茬作物播种前进行深耕或者深松，可以改善土壤结构，熟化土壤，增强土壤的蓄水保肥能力，加深耕层和活土层，有利于根系下扎，扩大根系量。春季播种前10～15d浅耕或者旋耕一遍，然后耙耱平整以便播种。

（3）种子处理、适时播种　玉米采用包衣种子，或者未包衣的种子采用90%的敌百虫1 000～1 500倍液拌种，其用量为种子用量的0.5%，可减轻地下害虫。谷子在播种前用种子用量的0.3%的敌百虫闷种6～8h后晾干，用于防治地下害虫。玉米谷子间作模式要适期播种，一般春播在谷雨前后即4月中下旬，夏播在6月上旬。

（4）及时间苗、定苗　谷子5～6片叶间苗、定苗，双株留苗，株距16.7cm，留苗13 313株/亩；玉米4～5片叶间苗、定苗，株距26.6cm，留苗2 089株/亩。

（5）中耕除草、蹲苗促壮　中耕是玉米谷子间作田间管理的重要措施之一。在谷子苗期中耕一般可进行2～3次，中耕深度3～5cm。蹲苗应从出苗开始到拔节前结束，蹲苗时应掌握“蹲黑不蹲黄，蹲肥不蹲瘦，蹲干不蹲湿”的原则。

（6）合理施肥和灌溉　结合中耕，每亩追施P肥30～35kg，谷子在拔节期追施尿素15～20kg/亩，玉米在小喇叭口期（11～12片叶）追施尿素15～20kg/亩。小苗出土，若遇到急雨，常常泥浆灌入心叶，造成泥土淤苗，此时，要注意低洼积水处及时排水，破除板结。玉米抽雄前后和灌浆期，需要保持充足的水分供应，若遇干旱要及时浇水，以免降低粒重而影响产量。

（7）防治病虫害　玉米//谷子间作群体中一生有很多病虫草害，主要害虫有地老虎、金针虫、蝼蛄、玉米螟和谷莠草、粟灰螟、谷黏虫等，可采用种子处理的办法。玉米螟的防治可采用3%的杀螟丹颗粒或者2.5%的辛硫磷撒入心叶防治，谷莠草可用50%可湿性粉剂的扑灭津每亩0.2～0.4kg进行除草。同时，玉米注意防治蓟马、黏虫等，采用化学药剂喷雾防治。

（8）适时收获　在玉米//谷子间作中，两者生育期上虽然比较一致，但不同物种、不同品种、不同地区存在较大差别，应根据实际情况实时收获。玉米应在籽粒乳线消失后

收获，谷子应在麸皮变成固有的色泽、籽粒变硬、成熟断青时及时收获，不论茎叶青绿都要割倒。

4. 效益分析　河南农业大学研究人员在前期研究结果中发现，在不同年型中，玉米//夏谷间作比玉米单作产量都高。其中，1996 年生育期降水偏多，光照不足，致使谷子产量较低，但间作产量仍比单作产量高，增产率为 17.2%。1997 年在旱年玉米绝收的情况下，间作的谷子还有 955.5kg/hm^2的产量，减少了损失。1998 年生育期降水量正常，谷子和玉米双丰收，间作比单作增产 1 645kg/hm^2，增产率为 31.3%。增产的同时也增加了收益，不同年型间作比单作增收效益的顺序为 1998 年（平水年）>1996 年（丰水年）>1997 年（旱年），分别为 3 405.0元/hm^2、2 759.0元/hm^2、1 911.0元/hm^2，3 年平均增益 2 691.7元/hm^2。

分析玉米//谷子间作增益原因：第一，玉米、谷子间作，形态互补，叶片、株高、根系和株型等均对应互补，如玉米根系多集中在 10～20cm，株高 2.5～3.0m，叶片宽大，而谷子根系多集中在 30cm 以上土层，株高只有 75～85cm，叶片狭长。玉米和谷子的植株高矮不同，能够合理利用光能；玉米根系生长快、可吸收深层土壤养分，谷子根系浅、吸收浅层养分，可以利用不同层次的土壤养分，实现用地养地相结合。第二，生态互补。玉米根系强大，吸肥较多，需水也较多，要求土壤的肥水供应能力较大，属于典型的高肥水型作物；谷子需肥幅度较宽，适应性广，尤其耐旱和耐瘠薄能力较强，属于中间型作物。第三，边缘优势。玉米谷子间作使玉米受光状况得以改善，透光良好，谷子虽然群体受光恶化，但基部光照条件充分改善，间作使玉米行间地温升高，谷子行间地温下降。研究表明，玉米、谷子间作，增加了粮食产量和经济效益，减少了粮食绝收的风险，是旱地保产增收的有效途径。

（五）玉米与马铃薯间作

1. 分布地区和条件　在甘肃、陕西、河南西部、河北北部、青海等地为海拔 800m 以上的山区，属于暖温带大陆性季风气候。年均气温 12.4℃，年日照时数 2 103h，无霜期 179～198d，年均降水量 785～872mm，冬季长达 95d 以上，一年一季种植。马铃薯、玉米是该区的主要农作物，粮、菜、饲兼用。在四川、贵州毕节等地，海拔 1 600m，年均温 13.37℃，年降水量 1 040mm，此类气候条件的山区该间作模式也非常普遍。

2. 规格和模式　马铃薯间作玉米采取 2∶4 形式或者 2∶2 模式，4 月上旬，高寒山区气温稳定在 5℃以上时开始翻地，深翻 25～30cm，晾晒 7～10d 后做垄，行距 50cm，垄做好后灌透水待播。玉米株距 25cm，垄距 60cm，垄宽 55cm，穴播 3 粒种子，水渗后覆土，再覆盖地膜。也有采用 130cm 一带，玉米行带宽 40cm，地膜马铃薯行带宽 90cm，玉米起垄种 2 行，株距 20～25cm，呈“品”字形种植，地膜马铃薯采取单垄双行种植，垄高 18～20cm，株距 20～30cm，呈“品”字形种植。

3. 技术要点

（1）选好地块，整地施肥　选择疏松肥沃富有有机质，耕作层深，保水性能好的沙壤地块。马铃薯套种玉米采取 2∶4 套种形式，4 月上旬，高寒山区气温稳定在 5℃以上时开始翻地、施肥、做垄，深翻 25～30cm，配合深耕一般每亩施充分腐熟的有机肥

5 000kg，N、P、K 三元复合肥 50kg，晾晒 7～10d 后做垄，行距 50cm，垄做好后灌透水待播。

（2）选择适宜的品种　为有利于防治病毒病，选用具有抗病毒病和早熟特性的脱毒薯种，如克新 4 号，中薯 3 号、早大白等；马铃薯播前首先将薯种放置在 12～16℃的环境中码 3～4 层，蒙上保温物品，隔 2～3d 上下翻动一次，当芽长到小豆粒大小时，掀掉保温物，使其见光，减缓生长速度逐渐变粗壮。当芽长到花生粒大小呈紫红色，基部有密集根点时再将薯块切开（每块带一芽，重 20～25g 的小块），切块时，一定要剔除尾芽，以免影响产量。玉米选择株型紧凑、株高中等、叶片上冲、抗病性强、活秆成熟的品种，如洛玉 1 号、登海 3 号等。

（3）适时播种，合理密植　4 月上旬，地温稳定在 5℃时即可播种，马铃薯株距 20cm，垄距 50cm，一垄双行，播深 6cm 左右，覆土 3～5cm 厚，播后培土起垄，将垄面耧平，然后盖地膜。玉米株距 25cm，垄距 60cm，垄宽 55cm，穴播 3 粒种子，水渗后覆土，再覆盖地膜，两种作物出苗时给地膜打孔，避免烧烤苗子。在冀东一带当土壤 10cm 深处地温达 4℃时（一般在 3 月中旬）进行开沟播种。可以采用 115cm 一带，一带播种两行，大小行距分别为 70cm 和 35cm。播前先喷 50% 辛硫磷液 500 倍液防治地下害虫，喷后播种，株距 25cm，实行配方施肥，混合肥料施在两株马铃薯中间。播后起高 12cm、宽 60cm 的垄。耙平后喷除草剂拉索，并覆膜（一膜双行）。播种马铃薯后，可根据当地气候条件，在当地一般年份 5 月初为播种玉米最佳期。播时在两个高垄 70cm 的空背上种一行玉米。玉米品种可选用增产潜力较大的郑单，株距 20cm。播前进行粒选，采用种衣剂拌种后，再用生物 K 肥进行拌种。

（4）田间科学管理，促控结合　马铃薯出苗后及时破膜引苗，前期蹲苗不浇水，促根深扎，多生次生根，地下部形成核桃大小块茎后开始浇水，并经常保持土壤湿润，以满足块茎膨大对水分的需求。灌水最好采用顺垄沟灌水，适时中耕、培土；现蕾结薯期遇旱，大水浇灌，结合浇水每亩沟施尿素 10kg，结薯期避免植株徒长，尤其是块茎膨大期对肥水要求较高，只靠植株根系吸收已不能满足需要，可采用 0.5% 的尿素与 0.3% 的 KH_2PO_3 混合液或 0.8% 的 KNO_3 进行叶面喷施。在此期间如果有徒长现象，可喷施 1～2 次 100mg/kg 多效唑，或者现蕾盛期喷 15% 多效唑可湿性粉剂，亩用 40～50g，进行人工化学调控，防止徒长。玉米苗期是以生根、分化茎叶为主的营养生长阶段，应做下面管理工作：①查苗、补苗：玉米出苗后，应立即进行查苗，缺苗较多时，要进行补种，补种的种子采用浸种催芽的方法，促使提早出苗。②间苗、定苗：在 3～4 片叶进行间定苗，并进行中耕除草。穗期要重视追肥，穗期追肥一般进行两次，第一次在拔节期追总量的 35%，第二次在大喇叭口期追总量的 65%，施肥结合浇水防治玉米的卡脖旱。花粒期对于脱肥的地块要补施粒肥，占总量的 10%～15%，后期灌浆要注意保持土壤一定含水量。对于不良气候或者其他原因造成授粉困难，可以通过人工辅助授粉，可增加授粉概率，提高结实率，以减少缺粒、秃顶，提高产量。

（5）病虫、鼠害防治　马铃薯主要地下害虫，如金针虫、蛴螬等，播种时可在沟外侧和沟内喷敌百虫、辛硫磷等，喷湿土面。马铃薯也有蚜虫、造桥虫、28 星瓢虫，发生时可喷 10% 吡虫啉。主要病害是晚疫病，发现马铃薯晚疫病中心病株立即挖除，并在距

离发病中心3～35m范围内喷1∶1∶200波尔多液，每隔7d喷1次，共喷2～3次。发病初期也可喷70%代森锰锌700倍液，连喷2～3次，中间隔5～7d。

玉米苗期喷施25%扑虱灵1 500倍液，以消灭传播玉米病毒病的粉虱、飞虱等。玉米穗期主要害虫是玉米螟，在小喇叭口和大喇叭口连续防治两次，用2.5%辛硫磷撒入心叶防治。或者用菊酯类农药防治玉米螟效果也很好。穗期吐丝时，注意防治玉米螟及棉铃虫、蚜虫、红蜘蛛，可采取药液涂抹花柱的办法。玉米有鼠害时，可用磷化锌毒饵防治，每40g磷化锌拌饵料1kg，混合均匀后，撒在老鼠经常活动的地方，连续投放2～3d。

（6）适时收获　8月下旬马铃薯已经成熟，要及时收获。9月中下旬，玉米果穗苞叶全部变黄、变白松散，内部籽粒乳线完全消失，籽粒变硬，这时进行收获比较适宜。

4. 效益分析　据洛阳农科院马铃薯课题组多年开展研究示范，马铃薯玉米间作平均每亩生产马铃薯1 800～2 400kg，产值1 620～2 160元，产玉米440～480kg，产值651～710元，两者合计产值2 451～3 110元。在河北省乐亭县2 301hm^2马铃薯间作玉米田平均亩产马铃薯2 500kg，折粮500kg；玉米产量515kg，两茬合计1 015kg，实现了大面积吨粮田目标。比小麦玉米套种亩产吨粮的田块，亩效益高出350元。据分析，马铃薯套种玉米高产原因：一是马铃薯利用地膜覆盖实现了提前种植，充分利用了早春闲置时期的地力、光、热等自然资源，有利于结薯期提前，使块茎膨大盛期避开夏季的高温天气，有利于实现马铃薯增产；二是马铃薯与玉米间作，在6～7月份的高温季节，玉米可给马铃薯起到遮阳作用，为马铃薯块茎膨大创造了比较适宜的阴凉环境；三是由于加大了玉米行距，通风透光条件好，可充分发挥边行优势；四是马铃薯生长期较短，对当季肥料的利用率较低，这就为间作玉米留下了比较良好的地力基础。

（六）玉米与甘薯间作

1. 分布地区和条件　玉米甘薯间作是分布在一年两熟的温暖平原区（河南、河北、山东）、低山丘陵区（如陕南秦巴丘陵低山地区、四川紫土丘陵区）传统的种植制度；另外，在一年三熟的丘陵区，前茬小麦或油菜，如福建晋江等地，在四川盆地光、温条件“三熟”不足“两熟”有余的矛盾的地区，该模式也是其旱地粮食生产的主体模式。

2. 规格和模式

（1）2∶2的模式　即双行玉米间作双行甘薯。2行玉米，行距67cm；2行甘薯，行距66cm。133cm带型，两者密度均为每公顷4.2万株。

（2）2∶4的模式　双行玉米间作4行甘薯。2行玉米，行距67cm；4行甘薯，行距66cm。玉米密度为每公顷3.75万株，甘薯密度为每公顷4.35万株。

3. 技术要点

（1）选择优良品种　根据不同区域的气候、种植特点和目标，选择合适的甘薯品种，如食用类甘薯徐薯18，鲁薯5号、北京553等，蔬菜类甘薯如福薯10号等，要注意选择高产、抗病性强的品种；玉米品种选择当地高产、适应性强、抗逆性强的品种。

（2）育苗

①甘薯薯块育苗　选择无病害的薯块留种，采用薯块露地加盖薄膜（地膜）育苗和小苗假植苗圃育苗。加强肥水管理，培育无病壮苗，选用顶苗用于大田栽插。

②甘薯蔓尖越冬育苗　秋末冬初，甘薯还能生长时，在大田剪下藤蔓假植成采苗圃，加强管理，促进生长，在初霜前盖上薄膜，让其安全越冬。入春温度回升稳定后揭开薄膜，剪去老蔓，使茎基部重新长芽，培育薯苗。此种育苗方法特别适合于茎尖菜用甘薯使用，一可节约种薯，降低生产成本；二是因其出苗较早，从而采苗也较早，可适当提早大田移栽期，增加茎尖的采摘次数与数量。

（3）整地改土，起垄埂栽　在春播地块冬前要深翻，深度25cm，结合增施有机肥，进行冬灌。在夏播区，前茬作物小麦收获后，及时整地、施肥、拥沟、打埂或者筑垄，翻耕深度25~30cm，埂距或垄面间距60cm，一垄栽1行甘薯，株距33cm，每公顷约5万株。整地时配施有机肥作为底肥。

（4）合理密植，适时早插　在三熟区茎尖菜用型甘薯品种适于在水肥条件较好的田块平畦种植，清明节后即可栽插。也可采用塑料大棚栽培，实行保护地反季节生产。平畦种植畦宽（包沟）1.2m，畦高18~20cm，行距25cm，株距15cm。对于一年两熟区的间作模式，一般5月下旬至6月上旬栽秧，行距60cm，株距33cm，可采取2∶2或者2∶4的方式种植。玉米可采用硬茬免耕播种，甘薯实行垄作插秧种植方式。

（5）科学肥水管理　甘薯大田施肥一般分为基肥和追肥。基肥以有机肥为主，无机肥为辅，一般每亩施基肥4 000~5 000kg，同时配施过磷酸钙15~25kg、草木灰100~150kg，N肥7~10kg。施肥采用集中深施，粗细肥分层施的方法，其中，速效N、P、K肥集中穴施上层，便于薯苗成活。追肥是“前轻、中重、后补”的原则，即①提苗肥：在栽后3~5d结合查苗补苗，在苗侧下方7~10cm处开穴追施速效肥，每亩1.5~3.5kg，施后浇水盖土。②壮株结薯肥：在栽后30~40d施肥量根据薯地、苗势而异，长势差的多施，追施尿素3.5~4.5kg，长势好的，则以P、K肥为主，N肥为辅。③催薯肥：又叫长薯肥，在甘薯生长中期施用。一般以K肥为主，施肥时期在栽后90~100d，可采用K_2SO_4，每亩施用10kg，或者施用草木灰100~150kg，草木灰和N肥、P肥分开施用，施肥后及时浇水，增强肥效发挥。④裂缝肥：在薯块盛长期，在垄背裂缝处追肥，尤其对发生早衰的或者前期施肥不足的地块，每亩追施速效N肥如$(NH_4)_2SO_4$ 4~5kg，或者人粪尿200~250kg，加水600~750kg，顺缝灌施，效果非常好。⑤根外追肥：在甘薯栽后90~140d，叶面喷施P、K肥，不仅增产而且有效改善薯块品质，一般用2%~5%的过磷酸钙溶液，或者1% K_3PO_3溶液或者0.3%的KH_2PO_3溶液或5%~10%的过滤草木灰溶液在15时以后喷施，每亩喷施75~100kg，隔15d喷一次，共喷2次。注意甘薯是忌氯的作物，不能使用含氯元素的肥料，在沙土地上注意少量多次施肥；水分充足的地块，要控制N肥的用量，以免引起茎叶徒长，影响薯块生长。

玉米在拔节（占总施肥量的40%）和大喇叭口期（占总施肥量的60%）分两次追肥，追肥以速效N肥为主，追肥结合浇水。授粉后削去雄穗，减少对甘薯的遮阳，利于攻籽，提高产量。

（6）病虫害防治　蛴螬、地老虎和甘薯小象虫、斜纹夜蛾等害虫是为害甘薯的主要

地下害虫。用40%甲基异柳磷乳油500g+地虫杀2.5kg或10%杀地虎1kg拌细沙土防治蛴螬等地下害虫。对于小象虫、天蛾可用90%的敌百虫900倍液喷施；甘薯的病害主要有薯瘟病，应在栽插前用70%的甲基托布津500倍液浸苗后栽插，同时，加强田间管理，合理施肥灌溉，及时中耕培土等农业措施予以防治。而玉米要重视玉米螟的防治工作，当田间有10%~20%的植株叶片有蛀食痕迹时，以2.5%的敌杀死300~450ml/hm^2加水750~900kg喷雾植株及灌心；大喇叭口期用杀螟丹颗粒剂60~75kg/hm^2灌心防治；散粉吐丝结束后，人工剪去雄穗和花柱并带出田间深埋，同时以低毒农药拌烂泥涂抹花柱部位。玉米生育后期及时排出田间积水，降低田间湿度，改善土壤通气条件，在雄穗露尖时，以井冈霉素7.5kg/hm^2加水750kg喷雾于植株中下部叶片，预防玉米纹枯病的发生；及时拔除田间的病株。

（7）适期收获　甘薯块根是营养器官，无明显成熟期，只要气候条件适宜就能继续生长，所以，过早收获，产量低，不易贮藏。甘薯的收获适期，应根据气候条件而定，地温在18℃左右时薯块重量增加很少，15℃左右时薯块停止生长，9℃以下就会发生冷害，因此，应当在日平均气温稳定在15℃时开始收获，在不低于10℃时收完。玉米成熟期一般在苞叶变白、松散、籽粒变硬，且乳线完全消失时收获，产量最高。

4. 效益分析　从崔鸣等（1997）对不同带型玉米甘薯间作来看，间作两熟比清种一熟增加了总产量，增产幅度在23.7%~67.3%，其中，以双间双的模式产量水平最高，可达6 514.4kg/hm^2。从经济效益比较来看，以双间双为最高，纯收益达8 094.5元/hm^2，较其他各处理增加收入515.9~3 421.1元/hm^2，间作的产量高于单作，以甘薯清种为最低。从投入产出比比较来看，仍以双间双为最高，达1∶5.91，每投入1元成本，较其他处理增收0.27~1.27元。由此可见，在丘陵低山区，改小麦，夏玉米一年两熟为小麦、夏玉米、甘薯一年三熟是可行的，且产量和效益增加。玉米间作甘薯增产原因：一是高低秆作物变平面采光为立体采光，增加了光热利用效率；二是玉米与甘薯对养分种类和数量的需求不同，玉米需N肥量大，而甘薯施P、K肥更有利于其薯块的膨大和品质形成，养分互补也是该群体增产增效的重要原因之一。

（七）玉米与食用豆间作

1. 玉米与蚕豆间作

（1）分布地区和条件　玉米蚕豆间作主要分布于中国冷凉的一年两熟区。甘肃河西走廊地区和甘肃中部，贵州省的丘陵山地，海拔1 473m，年降水量122mm，平均无霜期148d，年蒸发量1 972mm，全年平均日照时数为2 932~3 085h，≥0℃积温2 466~3 391℃，≥10积温为1 837~2 870℃，属于光热资源充足而水资源短缺的区域。

（2）规格和模式

①2∶3模式间作　即2行玉米3行蚕豆，带宽1.4m。蚕豆行间距为20cm，株距为30cm，玉米行间距为40cm，株距为30cm。

②2∶1模式　即2行玉米1行蚕豆。蚕豆与玉米的行间距为30cm，株距为30cm，玉米行间距为50cm，株距为30cm。

③2∶2模式　即2行玉米2行蚕豆。玉米行间距为50cm，株距为30cm，蚕豆行距

30cm，蚕豆与玉米间行距30cm。

（3）技术要点

①土壤选择，配方施肥原则　选择在土层深厚、疏松肥沃、排水良好、灌溉方便的土壤上种植。坚持“有机为主，无机为辅”的施肥原则，结合深翻土地，每亩施无害化处理的优质农家肥3 000kg以上，精细整地，耙耱保墒，以利提高田间出苗率。

②选择优良品种，进行种子处理　蚕豆和玉米种子要选择高产、抗逆和适应性广的品种。播前精选种子，剔除疵瘦、虫蛀、破损、霉变等种子和杂质。蚕豆种子在阳光下暴晒2～3d，以提高发芽率。玉米和蚕豆种子质量要符合国家标准，纯度90%、净度95%，含水量≤15%，发芽率≥90%。蚕豆种子百粒重150g左右，外观色白、饱满、无霉变、无虫蛀、无机械损伤。蚕豆播前进行浸种处理，每100kg种子用KH_2PO_3 0.5kg或丰产素100g浸种，加水量以液面高出种子为宜，浸种4～6h，捞出后晾干播种；每100kg种子用25%粉锈宁0.1kg拌种，能有效防治蚕豆锈病和根病等。

③适期播种，合理密植　玉米蚕豆间作，蚕豆一般在4月初播种，玉米播期在4月下旬。根据土壤肥力和品种特性，确定种植密度。在土壤肥力差、品种茎秆较矮、分枝能力较弱的情况下，种植宜密；反之，种植宜稀。一般临蚕系列每亩播16～20kg，即1.2万～1.4万粒；马牙蚕豆每亩播22～27kg，即1.6万～1.8万粒为宜；玉米密度为4 000～4 500株/亩。

④田间管理　第一，查苗补苗。播种后土壤板结时应及时松土；发现缺苗断垄时，应从苗稠的地方移苗补齐。第二，中耕除草。蚕豆苗齐后7～10cm高时，进行第一次中耕除草；现蕾开花时进行第二次中耕除草；生育后期及时拔除行间杂草。第三，适时摘心。当蚕豆生长过旺，植株高大，易发生倒伏的情况下，应用摘心打顶技术加以控制。在主茎形成10～12层花序时，选择晴天进行摘心打顶。摘心打顶要轻，以摘心后顶部不见空心为原则。第四，科学施肥按照目标产量确定施肥量，每生产100kg蚕豆籽粒需N 6.4kg、P 2.0kg、K 5.0kg。同时由于蚕豆需肥量较多，要注重N、P、K配方施肥，增施P肥能达到以P促N的目的，一般玉米蚕豆间作施纯N 400kg/hm^2，P_2O_5为90kg/hm^2，草木灰1 500kg/hm^2，其中，间作中1/2 N肥和全部的P肥和K肥作基肥施用，1/2的N肥分两次在玉米拔节期和大喇叭口期追施。在蚕豆开花期，可以叶面喷肥，每亩用KH_2PO_3 0.5kg，或高利达20ml，或丰产素100g，进行叶面喷肥，以提高结荚率和增加荚粒数。对生长过旺的蚕豆可喷施多效唑加以控制，以防止倒伏，提高产量。施肥结合浇水提高肥效，尤其在蚕豆开花结荚期和玉米的抽雄前后，要保持土壤充足的水分供应。第五，防治病虫害，坚持“预防为主，综合防治”的方针，50%辛硫磷600ml拌毒沙15kg，傍晚撒施地下可防治地下害虫；用25%粉锈宁0.1kg稀释500倍液喷雾防治蚕豆锈病和疱炮病；70%甲基托布津50g的1 000倍液可防治蚕豆褐斑病、赤霉病；90%敌百虫60g的100倍液可防治蚜虫、绿芫菁等害虫；同时，在玉米拔节和大喇叭口期及时丢心杀螟丹防治玉米螟。

⑤及时收获　当蚕豆大部分叶片枯黄脱落，上层荚果变黄，1/3以上荚果黑褐色时即可收获。玉米则在苞叶变白发黄，苞叶口松散，籽粒乳线消失时即可收获，适当推迟收获期，可使籽粒充分完熟，保持种子色泽光亮，提高食用和商品价值。蚕豆收获后，应将蚕

豆捆立于地面晒干或风干后再脱粒，严防湿脱或籽粒暴晒。

（4）效益分析 肖焱波等（2003）在甘肃张掖地区研究表明，前茬单作蚕豆和间作蚕豆的玉米产量分别提高了 2 853kg/hm^2 和 2 617kg/hm^2，提高幅度分别为 33% 和 30%。其原因是种植豆科作物后或者与豆科作物间作土壤肥力得到改善，土壤中无机 N 累积量增加，根系存在弱竞争。Mayer 也用^{15}N 标记试验发现蚕豆生长期间 N 素的根际沉积量占残留 N 的 12% ~16%。N 供给量的增加，从而使玉米产量增加，一般增产幅度在 1 000 ~ 2 000kg/hm^2，证明该间作模式是较好的增产模式。另一方面，玉米∥蚕豆间作可以提高水分利用效率，研究表明，间作相对于单作水分用量减少 1.29% ~11%，水分利用效率提高了 22.62% ~62.37%。因此，此间作模式对解决中国农业生产中水资源危机，尤其降水量少，灌溉条件差的西北地区具有非常重要的作用。

2. 玉米与红小豆间作

（1）分布地区和条件 玉米∥红小豆间作分布在晋、冀交界处，处于太行山丘陵干旱、半干旱地区。该区≥0℃积温在 4 000 ~ 4 800℃，平均年降水 400 ~500mm，无霜期较长，为 175 ~ 220d，光照充足，年日照为 2 800 ~ 3 100 h，≥ 10℃ 积温为 2 500 ~ 2 800℃。

（2）规格和模式 玉米间作红小豆通常有以下模式：① 1 行玉米 2 行红小豆，玉米间距 110cm，株距 30cm，中间种植 2 行红小豆，间距 33cm；② 2 行玉米 6 行红小豆，玉米行距 50cm，株距 25cm，红小豆行距 50cm，株距 15 ~20cm。③ 3 行玉米 5 行红小豆，玉米行距 50cm，株距 25cm，红小豆行距 50cm，株距 15 ~20cm。

（3）技术要点

①适时播种、合理密植 选用品质好、颗粒大小适中红小豆优良品种，如冀红 2 号。6 月中旬播种，播前药剂拌种、晒种。采用条播或穴播，播深 3 ~5cm，穴距 15 ~20cm，每穴 3 ~4 粒种子，播种后覆土，播种量为 37.5kg/hm^2 左右。夏玉米选用生育期适宜，抗倒、抗病，丰产性较好的品种，如郑单 958、登海 605、鲁元单 14 等。玉米于 5 月 20 日左右播种，播前晒种，药剂拌种，采用穴播，播深 3 ~5cm，穴距 15 ~20cm，每穴 2 粒种子，播种量为 22.5kg/hm^2 左右。

②施足底肥，精细整地 每公顷施入 15 000 ~ 22 500kg 腐熟的农家肥和 300 ~375kg 过磷酸钙作基肥。施入基肥后，进行土壤耕翻，耕深 18 ~20cm，整地做畦。

③玉米田间管理技术 三叶期间苗，五叶期定苗，保证田间密度在 3 250 ~3 500 株/亩。间苗定苗后进行中耕除草一次，根外追肥，喷施 $KH_2PO_3$2 250g/hm^2。加强田间肥水运用，一是要施好穗肥，玉米拔节后每公顷追施尿素 375kg 或氢铵 1 050kg；二是施好粒肥，在玉米抽雄至吐丝期追施 $(NH_4)_2SO_4$ 75kg/hm^2，同时，要浇好关键水。除肥水结合外，要注意在抽雄后一个月内保持土壤一定含水量，提高粒重。注意防治病虫害，玉米苗期注意防治黏虫，可用甲硫磷 800 倍液或者菊酯类 4 000倍液喷雾防治。玉米拔节至小喇叭口期向心叶施用杀螟丹颗粒剂，防治玉米螟，并需防治蚜虫、红蜘蛛。病害主要是玉米的大斑病、小斑病，可用 50% 的多菌灵 500 倍液或者 70% 的代森锰锌喷雾，连喷 2 ~3 次。抽雄期采取隔株或隔行去雄。

④红小豆田间管理技术 在红小豆出现第一复叶时应间苗，复叶展开前对缺苗地进行

移栽补齐，保证密度在4 500株/亩。初花期进行最后一次中耕，深度10cm左右。在7月中旬，每公顷追施尿素75kg和过磷酸钙112.5~150kg；在红小豆的花期和后期，每公顷用11.25~15kg尿素、1.5~4.5kg KH_2PO_3，加水225~375kg进行叶面喷肥，肥后浇水并及时清除杂草，尤其注意红小豆开花前后的肥水供应。由于红小豆的抗逆性较强，在红小豆的整个生育期病虫害发生较少，只有在开花期和结荚期，豆荚螟和食心虫有可能发生，一旦发生病虫害，可用高效低毒农药敌杀死和快杀灵进行防治。

⑤适期收获　植株上80%的豆荚成熟后，应收割并拉回晒场进行晾晒，待籽粒干硬后进行脱粒。一定要轻打轻压，防止霉烂影响商品品质；玉米则在苞叶变白发黄、苞叶口松散、籽粒乳线消失时即可收获，适当推迟收获期，可使籽粒充分完熟，保持种子色泽光亮，提高食用和商品价值。

（4）效益分析　在故城县1997~1999年累计推广玉米间作红小豆2 455亩，平均玉米亩产351.36kg，小豆118.5kg，扣除投入，每亩纯收入622.48元，累计纯收入152.8万元，效益非常显著。在湖北五峰县试验也证明，玉米间作红小豆产量比单作小豆增加1倍产量，比单作玉米产量略低，但小豆的价值远高于玉米，因此，其总收益比单作玉米提高40.35%，效益非常可观。实践证明，玉米间作红小豆利用高、矮作物搭配的立体种植方式，可使玉米接受更多的光照，发挥边际优势效应，提高土地利用率；另一方面红小豆属于相对耐阴的作物，可以充分利用玉米的抗风性和遮光性，为红小豆的生长提供了适宜的田间小气候，提高了红小豆的产量和品质；第三，玉米与红小豆所需的各种矿质营养在数量上也有不同，玉米需N肥较多，小豆通过根瘤固N作用，除供本身所需外，还能增加土壤中的含N物质，提高土壤供肥能力，有利于玉米的生长发育和产量形成。

3. 玉米与芸豆间作

（1）分布地区和条件　玉米芸豆间作分布范围较广，在一年两熟区的河南、河北、山东等丘陵山地分布较多，在一年一熟区的黑龙江地区也有分布。年均气温8~14℃，≥0℃积温为4 500~5 500℃，无霜期较长，为175~220d，光照充足，年日照为2 800~3 100h，全年日照百分率为49%~63%。春季日照条件好，气温回升快，相对湿度低，7~8月光、热、水同季，有利于作物生长，特别有利于喜温作物玉米的生长。该区年降水量450~550mm。

（2）规格和模式　主要模式有8：8的间作模式，即8行玉米与8行芸豆间作，玉米和芸豆行距60cm，玉米株距30cm，芸豆株距20cm。2：1的间作模式在一年两熟区应用，小麦2m一带，套种3行玉米，麦收后在玉米2个大行各种1行芸豆，行距1m，株距0.2m，每亩3 333穴。2：1间作模式，玉米采用宽窄行方式播种，宽行80cm，窄行50cm，每亩留苗3 000~3 200株。待玉米长出3~4片叶子后，在宽行内，距玉米根部6~8处顺垄挖穴点播芸豆，穴距60~80cm，每穴留苗两株。

（3）技术要点

①选地与整地　在一年一熟制的春玉米区，选择土层深厚、质地适中、肥力较高、排水良好的大豆、马铃薯或肥沃的玉米茬地块。实施以深松为基础，松、翻、耙相结合的土壤耕作制。采用65cm或70cm标准小垄种植，提倡秋翻、秋耙、秋起垄。在一年两熟区，

收麦后及时灭茬、中耕、施肥，造好底墒。

②品种选择与种子处理　选用高产、优质、抗病性和耐密性强的玉米新品种，如郑单958等，采用包衣种子在播前晴天晒种2～3d，将晾晒的种子通过风筛选，去掉小粒、秕粒、残粒和杂粒。用25%玉米专用种衣剂或立克秀等进行种子包衣或药剂拌种，防治病虫害。芸豆品种选择产量高、商品品质好的品种，可选择无蔓或蔓较短、不需上架的矮生芸豆品种，品种有白色、红色和紫色等，可按市场需求的颜色选择种植。

③高质量播种　一熟区当地温稳定通过5℃时抢墒播种玉米，一般在4月底～5月上旬。密度4 000～5 000株/亩。播深要求5～6cm，并做到深浅一致，覆土均匀。机械播种公顷播量40～50kg，人工播种公顷播量35～45kg。芸豆生育期短，一般80～90d，最长为100d，一般播期在5月下旬或6月上旬均可。采用埯种，埯距20～30cm，每埯2～3粒，每公顷用种量为60～70kg。

④科学施肥　推广应用测土配方施肥技术。每公顷施用含有机质8%以上的农肥20～30t。化肥的施用，每公顷尿素200～300kg、二铵150～250kg、$K_2SO_4$100～150kg、$ZnSO_4$ 20～30kg。密植栽培施肥量应适当加大。全部农家肥，P肥，K肥和N肥总量的30%作底肥，种肥结合播种施入，N肥总量的70%在玉米6～7叶期（坐胎期）作追肥，追肥部位离植株10～15cm，深度8～10cm。

（4）田间管理　以玉米田间管理为例。

①苗期管理　在播种后出苗前，及时检查地块，如发现粉种、烂芽，用已催好的大芽坐水补种。幼苗长到2.5～3.0片叶进行铲前蹚一犁。在苗长到3～4片叶时，将弱、病、小苗去掉做到一次等距早定苗。

②中耕保墒　头遍铲蹚之后，每隔10～12d进行一次，做到三铲三蹚。

③虫害防治　黏虫用30%速克毙亩用20～25g，加水25～30kg进行叶面喷雾，把幼虫消灭在三龄之前。玉米螟于大喇叭口期，用0.5kg 50%的辛硫磷乳油加水30kg，拌83kg细沙粒，每株用小勺盛1～2g撒入大刺叭口内消灭幼虫。

④化学除草　在土壤墒情较好的地块可选用播后苗前土壤封闭除草。可选用72%都尔每公顷1 500～2 000ml加50%甲草嗪每公顷400～500g或50%安威乳油每公顷3 750～4 500ml，每公顷加水400～600kg均匀喷雾于土壤表面。

⑤追肥　在拔节前，结合中耕，每公顷追尿素150kg，追肥部位离植株8～12cm，深度10～15cm。拔节期前后，及早掰除分蘖，去蘖时避免损伤主茎。8月上中旬进行放秋垄拔大草。玉米蜡熟后期站秆扒开玉米果穗苞叶，促进籽实降水。芸豆结合玉米中耕及时铲蹚和防病、灭草。及时防治病害，发生根腐病时喷77%可杀得可湿性粉剂500倍液，或70%代森锰锌可湿性粉剂1 000倍液进行防治。锈病发病初期喷15%三唑酮可湿性粉剂2 000倍液，或50%粉锈灵800倍液防治。

（5）及时收获　玉米选择籽粒乳线消失，苞叶变白，苞叶口松散时收获。芸豆是当豆荚完全成熟、变色，叶片大部分脱落时，要及时收获。如果间作的芸豆是菜用型的，则在豆荚形成鼓粒前要及时采摘，防止采摘过晚，品质下降。留种用的豆荚，等荚角干瘪种子变褐色，进行采收晾晒。

（6）效益分析　近几年来在河北省顺平县发展玉米与菜用的芸豆间作，一般玉米亩

产达500~600kg，芸豆亩效益在800~1 200元。既能亩获千斤粮食，还能获得较高的经济效益。在泊头市，部分农户采用夏播玉米间套紫芸豆粮菜间作栽培模式，在基本不影响玉米产量的前提下，每亩平均增收紫芸豆近1 000kg，增值3 000余元。在山东兖州试验表明，玉米间作芸豆，玉米平均亩产665.8kg，芸豆平均亩产700.1kg，比单作玉米亩纯增益1 000元左右。分析其增益原因如下：高矮秆作物间作，变平面采光为立体采光，增大了采光面积，促进了玉米的光合作用，同时也发挥了玉米的边际优势效应；其二，芸豆是耐荫短日照作物，耐旱、耐阴、喜凉爽、低温气候，高温强光影响芸豆的开花结荚，最终影响产量。其三，芸豆与玉米基本没有同期、同寄主相互侵染发生的病虫害，间作群体的病虫害发生程度明显轻于单作群体，有利于产量和品质的形成。另外，对于蔓生型的采用芸豆，玉米茎秆可以作为其天然支架，所以，很适宜与玉米进行间作。

4. 玉米与豌豆间作

（1）分布地区和条件　玉米豌豆间作主要分布在甘肃省河西绿洲灌区，靖远县、武威市均有种植。该区光、热资源丰富，但水资源相对短缺。海拔1 506m，年平均降水量156~250mm，年蒸发量2 400mm左右，年均温度6.6~7.2℃，无霜期156~170d，≥0℃积温为3 208℃，≥10℃的积温为2 622℃，年日照时数2 945h。该区以节水型间套作模式的种植方式发展迅速，其中，玉米间作豌豆已逐步成为该区间套作的主体模式。

（2）规格和模式　3∶4模式，即3行玉米间作4行豌豆，豌豆行距20cm，密度15万株/hm^2，玉米行距50cm，株距30cm，密度5.25万株/hm^2；2∶4模式，即2行玉米间作4行豌豆，豌豆行距15~20cm，密度15万株/hm^2，玉米行距40cm，株距25cm，密度6.75万株/hm^2；4∶2模式，即4行玉米间作2行豌豆，玉米行距50cm，株距30cm，豌豆行距20cm，密度15万株/hm^2。采用宽行100cm、窄行40cm的宽窄行种植方式，宽行种植6行针叶豌豆，行距15cm，窄行种植2行玉米，行距40cm；4∶3模式，即4行玉米3行豌豆，行距40cm、株距30cm，豌豆行距15cm。

（3）技术要点

①整地施肥　播种地块于上年秋季结合深翻，施农家肥45~75m^3/hm^2，以促进土壤熟化。山区于10月份灌足秋水，井水灌区11月份灌冬水。早春及早做好顶凌耙耱保墒工作，3月中旬用机械或畜力浅耕15cm左右，结合浅耕撒施尿素300kg/hm^2、磷酸二铵225kg/hm^2或普通过磷酸钙1 500kg/hm^2、K_2SO_4复合肥300kg/hm^2、$ZnSO_4$30kg/hm^2。基肥未施$ZnSO_4$的地块，玉米生育前期可用3.3g/kg $ZnSO_4$溶液、4.7g/kg KH_2PO_3溶液进行叶面追肥。地下害虫严重的地块，播前将豌豆种子用50%辛硫磷乳油拌种（50ml加水1.0~1.5kg，拌20kg种子），玉米使用包衣种子。

②适期播种　对于2∶4间作模式一般在3月中旬用行距15cm或者20cm的播种机播4行针叶豌豆，留80cm宽的空行，豌豆播种量300kg/hm^2。4月初豌豆幼苗现垄后，用宽70cm、厚0.008mm地膜覆盖预留的空行，4月中旬根据天气情况在地膜上穴播2行玉米，深4cm左右，行距40cm，株距25cm，用种量45kg/hm^2，保苗67 500株/hm^2。4行玉米套种3行针叶豌豆的栽培模式，3月中下旬选用宽140cm、厚0.008mm地膜，采用机械或人工方式覆膜，在相邻两幅地膜间预留50cm的空行，空行内播种3行针叶豌豆，播种量225kg/hm^2。4月中旬在地膜上穴播4行玉米，深4cm左右，行距40cm、株距30cm，用种

量 60kg/hm^2，保苗 72 000株/hm^2 左右。

③田间管理　第一，间苗定苗。豌豆一般不需要间苗，玉米在 4～5 片叶时一次性定苗，每穴留 1 株壮苗，缺苗断垄严重时，可在邻近穴留苗 2 株。第二，中耕除草。豌豆幼苗显垄后要及时清除杂草，结合除草进行中耕松土。5 月份如遇大于 10mm 的有效降水，要及时中耕松土保墒，以延迟头水灌溉时间，控制作物徒长。第三，水肥管理。5 月下旬到 6 月上旬（在豌豆鼓荚期、玉米大喇叭口期），豌豆和玉米苗中午出现萎蔫、早晚恢复时及时灌头水，结合灌水撒施尿素 300kg/hm^2。7 月上中旬豌豆收获后，在玉米抽雄吐丝盛期灌第二水，结合灌水穴施尿素 450kg/hm^2。8 月中旬灌三水，以后根据配水量和降水情况灌四水，每次灌水量应控制在 1 200m^3/hm^2 左右，严禁大水漫灌，总灌水量控制在 6 600m^3/hm^2 左右。第四，病虫害防治。豌豆苗期用药液防治潜叶蝇、黑绒金龟甲；生长中后期可用25%速灭杀丁乳油1 000倍液防治豌豆象和小叶蛾，一般于18：00 时以后均匀喷施，喷药时可加入3. 3g/kg $ZnSO_4$ 和4. 7g/kg KH_2PO_3。玉米苗期重点防治霜霉病和玉米红蜘蛛，后期主要控制玉米红蜘蛛。霜霉病一般在降水多、灌水量大时容易发病，可选用80%代森锰锌可湿性粉剂600 倍液，或64%杀毒矾可湿性粉剂500 倍液等喷雾防治。5 月中旬可用20%哒螨灵可湿性粉剂 1 500倍液，或73%克螨特乳油1 000倍液，在玉米地块周边地埂上喷洒，以防止红蜘蛛向玉米地蔓延；6 月中旬玉米灌头水后，再用上述药剂对玉米地块喷雾，以减低虫头密度；同时，在小喇叭口期注意防治玉米螟，可采用杀螟丹颗粒进行丢心叶。8 月份玉米田间郁闭，可利用上述药剂只针对红蜘蛛为害进行局部防治。第五，抽雄管理。7 月初，玉米雄穗抽出前，从玉米地块主要迎风面开始，带 1 片顶叶隔行抽取玉米雄穗，以减低玉米植株高度、增加通风透光、减少营养消耗，促进玉米早熟高产。

④及时收获　豌豆于6 月下旬，茎叶枯黄，豆荚变白，籽粒完熟后即可收获。玉米一般在 10 月上旬当雌穗苞叶变干黄、自然下垂、籽粒变硬、有光泽时及时收获。

（4）效益分析　实践证明，该间作模式不仅增加了作物的混合产量，而且提高了土地生产力和生产效益。如在甘肃武威市凉州区，该种植模式下豌豆产量达3 000kg/hm^2，玉米产量可达 12 000kg/hm^2，纯收益可达 3 万元/hm^2，近年来，已辐射凉州区所有玉米种植区，种植面积达0. 7 万 hm^2 以上。在靖远县的该间作模式下不同行比的比较看，各种玉米豌豆间作处理的折合产量均高于单种处理，其中，最高达 14 035. 5kg/hm^2，较单种玉米、单种针叶豌豆分别增产 1 950. 0kg/hm^2 和 8 752. 5kg/hm^2，增产率分别为 16. 14%和165. 67%，最差的间作行比模式也比单种玉米、单种针叶豌豆分别增产 2. 59% 和134. 70%。从产量角度考虑，沿黄灌区玉米套种针叶豌豆合理的种植模式为 2 行玉米套种 2～4 行针叶豌豆，或 3 行玉米套种 6 行针叶豌豆。套种模式中，产值和纯收益均以 2：3 的间作模式的最高，分别达到 22 405. 5 元/hm^2 和 18 023. 0 元/hm^2，较单种玉米和单种豌豆分别增加纯收益 2 896. 7 元/hm^2 和 10 693. 5 元/hm^2，纯收益增收率分别为 19. 15%和145. 90%。同样在甘肃绿洲灌溉区，相同的施 N 水平下，低、中、高施 N 水平的 2：4 间作模式中玉米、豌豆的组合产量比相应单作的玉米和豌豆分别提高了 8. 88%、47. 8%、53. 99%和 7. 52%、38. 18%、37. 63%，3：4 间作模式中玉米、豌豆的组合产量比相应单作产量高 28. 58%、43. 84%、49. 165%和 13. 45%、61. 85%、63. 09%。从投入肥料 N 和

蛋白质产出量比值看，豌豆间作田分别是小麦和玉米的3.64倍和4.88倍。玉米豌豆间作具有低投入的特点，节约资源和肥力投入，这是一般的大田作物所不能比的。

分析其增产原因，其一是两者间作具有明显的间作优势，玉米间作豌豆能显著提高土地当量比，其中，2：4间作模式和3：4间作模式下的土壤当量比为1.08～1.46和1.07～1.55。其二是豆科作物的固N作用，增加了土壤N素水平，减缓了玉米和豌豆间的营养成分和数量的竞争。第三，间作可以充分发挥两者优势，尤其玉米的边际效应和竞争优势，充分利用光热水资源。

5. 玉米与绿豆间作

（1）分布地区和条件　玉米与绿豆间作套种技术在中国许多地区发展很快。从20世纪90年代开始，此间作模式广泛分布在河北省、山东省、河南省、湖南省常德一年两熟的平原和丘陵地区。该区年降水量500～1 050mm，平均无霜期为175～220d，光照充足，全年平均日照时数为2 800～3 100h，≥0℃积温为4 500～5 500℃，≥10℃积温为2 587～3 081℃，属于光热资源充足区域。年均气温11～18℃，全年日照百分率49%～63%。春季日照条件好，气温回升快，相对湿度低，7～8月光、热、水同季，有利于作物生长，特别有利于喜温作物玉米的生长。

（2）规格和模式　在华北春玉米种植区，多采用2：2模式，4月中旬先播种两行绿豆，小行距40～50cm，株距13cm，密度7 500株/亩。一般5月上旬播种玉米，小行距40～50cm，株距25cm，密度4 000株/亩。在华北、华中夏玉米种植区，多采用2：1、2：2或2：4的栽培组合模式，玉米行距50cm，株距30cm。麦收前15d在畦埂上种2行玉米，密度2 500株/亩。麦收后抢墒播种1行，或者2行或者4行绿豆，株距10～15cm。

（3）技术要点

①选择适宜品种　玉米一般选择耐密高产和抗逆性强的品种；为缩短绿豆与主作物的共栖期，绿豆一般选用生育期短，植株直立，结荚集中，成熟一致，抗逆性强，高产稳产的优良品种，如中绿1号、中绿2号、D0991、D0245-1等。

②适期播种　合理配置株行距，绿豆适期早播。在华北北部的春播玉米区一般4月中旬先播种两行绿豆，小行距40～50cm，株距13cm，密度7 500株/亩。一般5月上旬播种玉米，小行距40～50cm，株距25cm，密度4 000株/亩。在华北、华中夏玉米种植区，一般麦收前15d在畦埂上种两行玉米，密度2 500株/亩，麦收后抢墒播种1行，或者2行或者4行绿豆，株距10～15cm，为减少对主作物的影响，绿豆种植密度不宜过大，应条播留单株。为提高绿豆产量并减少对主作物的影响，绿豆播种前可用种子量3%的增产菌拌种，一般可增产15%左右。生产水平愈高，增产效果愈明显。在土壤N素水平偏低的地块可用根瘤菌拌种，能提高产量10%。

③整地　整地是苗全苗壮的基础。绿豆是双子叶植物，子叶肥大，顶土能力弱，坷垃较多，会造成严重缺苗断垄，同时，绿豆主根较浅，侧根较多，土壤板结可严重影响其根系的吸收功能。所以，对于春播玉米间作绿豆，播前要进行精细整地，一般耕前施土杂肥3.75万～6万kg/hm^2，P肥（过磷酸钙）112.5～300kg/hm^2，施后耕翻入土内，耙细耙平，耕地深度一般在20～25cm。夏播玉米间作绿豆由于夏季三忙，一般不整地灭茬，但在出苗后结合除草要进行中耕松土。

④适当多施肥　一般间作田应比单作田多施肥，即每亩多施碳铵 1kg、过磷酸钙 10kg。如绿豆生长较差，可在开花前追施少量 N 肥，一般每亩不超过 5kg，也可在花期结合防病治虫喷施 0.4% 的 KH_2PO_3 和 2% 尿素混合液。

⑤田间管理

间苗定苗：在玉米 3 叶期要进行间苗，5 叶期定苗，绿豆在两叶一心时间苗，两片复叶时定苗至适宜密度。

中耕锄草：在玉米拔节前进行中耕，一般中耕 2～3 次，中耕的原则是一浅二深三浅，花荚期及时拔除田间大草。如果采用化学除草，则应在播种后出苗前，及时喷洒除草剂乙草胺，用量为 1.5kg/hm^2。

科学施肥：在玉米拔节和大喇叭口期分次追肥，追肥以速效 N 肥为主，一般每公顷施纯 N 300～375kg，肥力高的地块采取前轻后重的方法，即拔节和大喇叭口期的比例为 4∶6，肥力低的地块采取前重后轻的方式，即拔节和大喇叭口期的比例为 6∶4。

及时防治病虫害：玉米苗期注意防治黏虫，可用甲硫磷 800 倍液或者菊酯类4 000倍液喷雾防治，注意防治地下害虫，可采用毒饵诱杀，每公顷可用 45～60kg 麸皮加 1.5kg 辛硫磷搅拌成毒饵，在播种时或者刚出苗的傍晚撒在沟内防治。玉米拔节至小喇叭口期向心叶施用杀螟丹颗粒剂，防治玉米螟，可用1 500倍液的克螨灵防治红蜘蛛。玉米的病害主要是大斑病、小斑病，可用50% 的多菌灵500 倍液或者 70% 的代森锰锌喷雾，连喷 2～3 次。绿豆常发生的病害有叶斑病、白粉病、病毒病等。虫害有蚜虫、红蜘蛛和豆野螟等。可根据病虫害发生情况，用多菌灵、九投磷、速灭杀丁、敌百虫等药物及其复配制剂在田间叶面喷洒。

及时防旱、排涝：玉米前期耐旱怕涝，绿豆比较怕涝，在多雨地区或者多雨的季节，若发生洪涝，应及时排水，但在玉米抽雄吐丝前后和绿豆的花荚期要有较充足的水分。此期遇旱应及时浇水，避免引起玉米的卡脖旱和绿豆由于干旱少雨造成花荚大量脱落。另外，在中等以上肥力田绿豆易出现旺长，可根据情况在始花期喷一次多效唑（用 15% 可湿性粉剂，每亩 5g，加水 15kg 进行叶面喷施）。

（4）适时收获　玉米选择籽粒乳线消失，苞叶变白，苞叶口松散时收获，一般在 9 月下旬和 10 月初收获。绿豆一般第一批荚成熟后，若持续好天，可等到全部成熟后一次性收获，以减少用工量。若遇雨天过多，应及时收摘。因熟荚多次遇雨后，易造成种皮变色而降低绿豆的商品性。若生育期充足的茬口，应尽量采用分批摘荚的形式收获，收获时，要避免损伤花序及其顶端的花芽，可使其继续开花结荚，以充分发挥其增产潜力。绿豆成熟收获后，可用磷化铝药物熏蒸，防治豆象为害。

（5）效益分析　河南农业大学在河南郸城的试验结果表明，玉米绿豆不同间作方式间玉米的产量存在着一定差异，间作的玉米产量均低于单作，间作的绿豆产量也均显著低于单作，但各处理混合产量表现为玉米与绿豆行比 2∶1 处理最高，每公顷产量 7 353.0 kg，比单作玉米显著增产。行比为 2∶2 的处理每公顷产量 6 975.0kg，比单作玉米增产 63kg。其他处理均比单作玉米产量低，但都比单作绿豆产量高。从不同处理的经济效益分析来看，玉米与绿豆的间作方式不同，投入水平、产量水平以及最终获得的经济效益不同。从纯收入看出，间作处理均比单作处理收益高，行比 2∶1 的处理收益最高，每亩为

213.6元，2∶2次之，单作玉米收益最低，每亩为150.9元。同时还可得知，间作处理混合产量的亩产值均比单作高，间作处理平均亩产值为263.76元，平均亩投入68.5元，平均亩纯收益195.26元，都高于单作玉米（150.9元）和单作绿豆（169.6元）。玉米间作绿豆使土地利用率（土地当量比）提高34.8%，2∶2处理在增产增收情况下，土地利用率提高28%；4∶2、2∶5和1∶6在增收情况下，分别比单作土地利用率提高18.5%、16%和20.6%。

分析其产量和效益增加原因：一是作物一高一矮间作，充分发挥了玉米的边际效益优势，充分利用了空间和光热资源，形成通风透光的复合群体。其二是禾谷类作物与豆科作物间作在养分的需求和利用上实现了互补，同时，由于豆科作物的固N作用，增加了土壤中的有效N素含量，提高了土壤的供N能力，同时，绿豆植株矮小，对土壤和肥料的要求不高，大大减轻与玉米竞争养分的能力。其三，夏玉米间作绿豆对玉米螟、赤眼蜂有一定的增诱作用，这一特殊生境可以明显提高赤眼蜂对亚洲玉米螟卵的寄生率，使收获前的玉米植株百株虫孔数明显减少，这对减轻穗期玉米螟的为害有明显的效果，从而提高产量。但综合分析认为，玉米与绿豆间作，以玉米为主时，玉米应保持与单作大致相同的田间配置，把绿豆作为“填闲”作物，这样综合效益最好，如果扩大带宽，则以绿豆为主，则间作行比以1∶6模式为转折，综合效益同样比较好。

二、以小麦为主体的粮粮间作

（一）小麦与玉米间作

1. 分布地区和条件　该种植模式主要分布中国西北地区，特别是甘肃一熟灌区普遍应用的高产种植模式。该区海拔1 504m，无霜期150d左右，年降水量150mm，年蒸发量2 021mm，年平均气温为5～7.7℃，日照时数3 023h，≥0℃的有效积温为3 016℃，麦收后≥10℃的积温为1 350℃，属于典型的两季不足、一季有余的自然生态区。该区为一年一熟农作区，农业人口比重较大，长期以来以种植业为主；主要作物有春小麦、春玉米、大豆等。

2. 规格和模式　小麦间作玉米，小麦带宽80cm、种6行，行距12cm，播种密度为375万粒/hm^2。玉米带宽80cm、种2行，播种密度52 500株/hm^2，行距40cm、株距24cm，玉米用地膜覆盖；小麦高茬收割处理中，茬高为30cm。

3. 技术要点

（1）精细整地，施足底肥　秋季收获后，在清除根茬进行深耕翻地的基础上，按照166.7cm一带插标划印做畦，在准备播种的玉米带中间用大犁开沟，深度16cm，施入底肥，农家肥3 000kg/亩，P_2O_5 4.6kg/亩，纯N 6.4kg/亩，在犁开沟的两边，用山地犁来回向内翻土，形成玉米的带埂，上面拖平、整细，再用碴子压一遍，成为宽66.7cm、高10cm的埂带。等待春季覆膜播种或者直接播种。余下的1m宽小麦地施农家肥4 000kg/亩和P_2O_5 2.8kg/亩、纯N 4.9kg/亩，叠放在上面，翻埋到土中，整平耧细，在夜冻日消时灌1次冻水蓄墒，等待播种。

（2）选用良种，做好种子处理　春小麦选用株高85～95cm，丰产、抗病型品种，如

铁春1号、冀新春2号、冀新春4号等。播种用种在晾晒的基础上进行净选，并以种子量的0.1%辛硫磷（有效含量50%）拌种，防治地下害虫，确保苗全苗壮。用种子量的0.3%拌种防治小麦黑穗病。无霜期在135d以上的种植区玉米选用先玉335、农大108、金海5号等抗逆性强、丰产型的晚熟品种。如果无霜期在120～135d的种植区域，要进行地膜覆盖栽培。杂交玉米种子纯度一定达到国家颁布的标准以上，防止出现过多的自交苗而影响产量。玉米在播种前要以种子量的0.06%速保利拌种，防治玉米的丝黑穗病。

（3）适期播种，按规格种植　一般在3月15日前后播种春小麦，每亩小麦用种量12～13.5kg，在1m的小麦带上种4行，行距20cm，播幅宽10cm，播深不过3cm。玉米一般在4月20日前后5cm地温稳定在10℃左右，在66.7cm的玉米带上进行播种，种两行，行距33cm，株距20cm，或者穴距40cm，一穴2株，密度达到每亩4 000株，下种时进行催芽，种子刚露白时，用等距扎眼播种器坐水播种，播种深度4cm，确保一次全苗。选择4月20日前后播种，可在春小麦116d的全生育期中与玉米共栖期84d。6月初，春小麦进入抽穗期，营养生长结束，叶面积接近最大值，此时，玉米生长与小麦刚刚“齐头”，以后玉米的茎叶日益高出小麦，形成合理的冠层结构，同时，也满足了小麦后半生的光照需求。7月20日前后，玉米开始抽雄，功能叶片继续伸展，几乎占据了整个空间（这时小麦已经收获），玉米冠层的光照和带距间的通风都可得到满足。

（4）肥水运筹　肥水运筹的原则是按照作物的吸肥、吸水规律和设计产量来确定肥料的匹配、肥料的投入量和施用时期。以中等肥料地块为例，亩底施农家肥5 000～6 000kg，在小麦种植带上每亩底施磷肥3.8～4.5kg。亩施纯N 12～15kg（其中，种肥50%，三叶后期40%，抽穗期10%），并底施$ZnSO_4$1kg。这种“前重后轻”的施肥方式，保证了春小麦的“胎里富”，为壮秆大穗提供了条件。在玉米种植带上亩底施P_2O_5 7～8kg，纯N 21～23kg（其中，底施35%，另65%在大喇叭口期追肥），并底施$ZnSO_4$1.9～2kg。如果在玉米灌浆初期个别地块表现脱肥，要适当追施攻粒肥。在水的运养上重点考虑是春小麦，因为玉米需水临界期与自然降水盛期相遇。春小麦的灌溉指标，据河北省平泉县的资料，在小麦116d的生育期中，小麦正常耗水450～470mm，同期自然降水提供200～220mm，需灌溉补充230～250mm。因此，根据常年降水情况，春小麦生产在冬前造墒的基础上，生育期内要浇好“五水”，即三叶期23m^3/亩、拔节中期35m^3/亩、孕穗期40m^3/亩、扬花期33m^3/亩、麦黄水30m^3/亩。在实际生产中，要根据上述原则，具体掌握。在畦灌小麦的同时，对大埂上的玉米也间接起到了供水作用。

（5）科学管理　在春小麦2叶期，于晴天下午进行压麦1～2次，起到蹲苗、松土、灭虫的作用。三叶期后开始小穗分化，要及时追肥、浇水促进生长发育，灌溉后及时耧麦松土，破除土壤板结，增加通透性。四叶期每亩施用2，4-D丁酯50g，加水40kg喷雾灭除田间杂草。到拔节中期对生长旺盛的麦田，每亩用100g矮壮素，加水40kg喷雾，防止一二节过度伸长而造成倒伏。孕穗期进行营养诊断，对缺肥的麦田一般补施5kg/亩尿素。叶喷KH_2PO_3有增加千粒重的作用。根据土壤墒情干旱缺水的需要在拔节孕穗、抽穗扬花、灌浆和麦黄期浇水，每次浇水要看天、看地、看苗情，做到无风时快浇，昼夜不停浇水，防止风刮倒伏。对麦田病虫害，要早期发现及时防治。小麦拔节后要注意对蚜虫、白粉病和锈病的防治。6月下旬至7月上旬，要到麦田进行调查，发现有黏虫卵块，在刚孵

化时一次喷药，全部防治，达到治早、治小、治了的目的。小麦蜡熟后期及时收获，以防止千粒重下降。间作的玉米，在4叶期定苗后，进行中耕除草，大喇叭口期，对玉米要追施N肥，在两株玉米间扎眼深施，均匀施入，然后覆土，并注意防治玉米螟和黏虫。玉米灌浆期遇旱，利用麦田渠道进行一次灌水，增加千粒重，提高产量。玉米要在完熟期后及时收获。

4. 效益分析 齐万海等（2009）在甘肃地区研究表明，小麦//玉米具有明显的产量优势，不隔根小麦间作玉米（W//C）、塑料布隔根小麦间作玉米（PW//C）和尼龙网隔根小麦间作玉米（NW//C）的土地当量比分别达到了1.46、1.20和1.39，W//C、PW//C、NW//C与单作小麦和单作玉米相比，产量分别提高了76.2%、46.2%、67.9%和25.4%、4.1%、19.5%，各间作处理土地当量比（LER）均大于1，间作优势明显，土地利用效率提高了20%～25%。而且与单作相比，小麦//玉米具有提高作物水分利用效率的作用，且该间作模式扩大了玉米根系的横向分布，尤其玉米进入灌浆期（小麦收获后）W//C玉米则占据并利用两间作作物的大部分地下部空间，从纵向和横向扩大了根系养分吸收的有效空间，其根系在横向占据了小麦根区的整个剖面。

（二）小麦与马铃薯间作

1. 分布地区和条件 该种植模式主要分布在中国西南的云南地区。该区年平均气温14.7℃，≥10℃积温4 458℃，年均降水量958.2mm，年太阳辐射总量523.35kJ/cm^2，日照时数2 242h，无霜期246d左右。另外，在西北的甘肃地区如引黄灌区景泰县平凉区也有该模式的种植。该区海拔1 500m左右，无霜期140～150d，年平均气温7.9℃，年均降水量250～500mm，年蒸发量2 021mm，≥10℃积温3 000～3 800℃，日照时数3 000h，年太阳辐射总量140～158kJ/cm^2，麦收后≥10℃的积温为1 350℃，宜发展间套两熟。

2. 规格和模式

（1）6∶2模式 小麦种6行，行距12cm，密度450万株/hm^2。马铃薯种2行，行间距35cm，穴间距30cm，小麦与马铃薯两作间距26cm。种玉米2行，行距30cm，株距25cm，密度67 500株/hm^2，马铃薯3月31日播种，玉米起垄覆膜，4月13日播种。

（2）4∶2模式 即种植4行小麦，2行马铃薯，小麦行距22cm，马铃薯行距33cm。

（3）3∶2模式 即条播种植3行小麦，2行马铃薯，小麦行距15cm，马铃薯行距40cm。

3. 技术要点

（1）选择推广脱毒优质高产品种 选择优质种薯，如在甘肃地区选择河薯1号、青薯168、K133，引进高原4号、陇薯3号、陇薯4号、青引5号、内薯7号、大白花和大西洋等品种，形成高产、高淀粉、油炸加工型格局，逐步朝向多元化发展。同时，做好马铃薯的保管工作，保持头芽优势。

（2）精细整地和土壤处理 在云南多熟区首先要注意轮作倒茬，前茬选绿肥茬，新垦荒地，其次选玉米、胡麻，荞麦茬，3年内不重茬；二是深耕整地，前茬作物收获后进行深耕，耕深25cm左右，耕后耙耱平整，纳水蓄墒，春季不宜耕翻，以免跑墒；三是土壤消毒，结合春秋整地施肥，用多菌灵等农肥进行土壤处理，有效防治土传性病害和地下

害虫。

（3）适期高质量播种　一般在甘肃地区，小麦10月25日播种，马铃薯12月15日播种，穴播，播深6～8cm，播后浇透水、盖土、喷施除草剂后覆膜封严。在西南地区马铃薯一般在12月下旬至翌年1月上旬播种，可采取平墒地膜覆盖栽培，也可采取高墒双垄栽培，墒高30cm，每墒播2行，株距30cm。

（4）田间管理

①中耕培土　当间作群体中的马铃薯株高12～15cm时，进行第一次中耕除草，并及时追施N肥。当株高达20～24cm，马铃薯开始发棵时，进行第二次中耕并进行培土，特别是整薯坑种田培土要厚而多，中耕时垄面要浅，垄沟要深，培土厚度不超过10cm，中耕、培土时应注意不损伤功能叶。中耕松土，可使结薯层土壤疏松通气，利于根系生长、匍匐茎伸长和块茎膨大，培土可增厚结薯层，避免薯块外露，降低品质。

②科学施肥　小麦、马铃薯间作群体应增施农肥为主，N、P、K配施。N、P、K配施主要针对生产中投入少，产量低而不稳的现状。一般在前作收获后，利用农闲给田块亩施入优质农家肥2 000kg，然后深耕20～25cm，在土地平整前每亩施入20kg尿素、25kg过磷酸钙、20kg K_2SO_4，耙碎土垡，耙平地面，起垄待播。对于肥力基础差的地块，在小麦返青期或分蘖期进行追施肥料，以速效N肥为主，每公顷追施纯N 300kg，KH_2PO_3 30～70kg或$K_2SO_4$150kg。

③化学调控，控制徒长　如果土壤肥力高、湿度大，马铃薯植株有节间长、叶片大、枝叶显著嫩弱的徒长趋势时，在发棵中期和现蕾期用0.01%～0.1%的矮壮素进行叶面喷施，既可抑制植株生长，又可促进块蔓膨大。当马铃署现蕾时，应及时摘除，保证土壤养分、水分集中供给块茎生长需要，增加产量。

④合理灌溉　在马铃薯和小麦返青苗期以及生长的中后期（现蕾、开花期和小麦灌浆期）要保证充足的水分供应，注意灌水，同时要注意多雨时排涝。

⑤加强病虫害防治　小麦返青拔节期防治小麦纹枯病、吸浆虫和麦蜘蛛，一般每亩用20%的纹枯净可湿性粉剂25～40g，12.5%禾果利可湿性粉剂15～20g或20%的三唑酮乳油40～50g，加水50kg，对准小麦茎基部进行喷雾。吸浆虫发生严重的地区可以利用吸浆虫上升到土表活动时进行第二次土壤处理，每亩用40%甲基异硫磷乳油150～200ml加水适量，拌细土25kg，制成毒土，顺麦垄均匀撒施，然后浅锄地，将药剂埋入土中，再浇水，或者3%甲基异硫磷颗粒2kg拌细土20kg，均匀撒施于土表。对红蜘蛛一般用1.8%的虫螨克乳油6～8ml加水50kg喷雾进行防治。小麦灌浆期主要的病虫害有麦穗蚜、白粉病、锈病，每亩用2.5%的辉丰菊酯乳油20～30ml或者25%的快杀灵乳油25～35ml加水50kg进行喷雾防治麦穗蚜，也可用上述方法防治白粉病和锈病。小麦黏虫可用50%的辛硫磷乳油100ml，或2.5%的溴氰菊酯乳油50ml加水喷雾防治。在马铃薯的蚜虫始发期开始，用抗蚜威、功夫、灭扫利等每隔7～10d喷防一次，共喷3～4次，有效减少蚜虫数量和减少病毒侵染几率；在晚疫病始发期用可用1∶2∶200波尔多液（$CuSO_4$∶石灰∶水）及早防治，发现中心病株立即拔除，以防病害蔓延。发病后用72%的双脲锰锌可湿性粉剂，12%的氯乳铜等农药交替喷防，每隔7～10d一次，或者用代森锰锌1 000倍液或75%百菌清600～800倍液喷洒，喷3～4次，平均防效可达90%。中后期及时控制28星瓢虫

和诱杀地下毒虫。

(5) 适时收获　马铃薯在膨大后期应及时收获。一般在 5 月中旬收获。收获应选晴天，土壤干燥时进行。最晚 5 月底收完，小麦正常成熟后及时收获。以免影响后茬作物的播种。

4. 效益分析　在甘肃凉山区山旱地推广的冬小麦马铃薯 6 : 2 的间作模式，两年累计面积 0.7 万 hm^2，每公顷混合产量 4 920kg，比单作马铃薯增产 765kg（按 5 : 1 折粮食），增产幅度为 18.4%，而且效益显著。在贵州示范推广“小麦、马铃薯、玉米、甘薯”种植模式，新增单产是 209.9kg/亩，产值和新增产值均为 335.87kg/亩，生产费和新增生产费均为 129.70 元/亩，净产值和新增净产值均为 206.17 元/亩。分析小麦马铃薯间作群体增产的原因：第一是植株形态差异造成了在光资源的利用上实现了最大化，充分利用光热资源；第二是养分互补，小麦是吸肥较多的作物，而马铃薯相对耐瘠薄，且马铃薯生育后期会在生长后期块茎能向外界排 K 素，满足后期小麦对 K 的需求，提高小麦的抗逆性，提高产量。第三，马铃薯收获的是块茎，无明显的生育期，该间作模式可以充分利用马铃薯的此特性，在 10cm 地温满足 7 ~ 8℃时期幼芽就可以生长，因此，可以早播延长生长时间，从而提高其产量，增加收益。而且在地温 15 ~ 18℃时最适宜块茎生长，能充分利用 3 ~ 5 月的光、热、气、水、养分，制造更多的营养物质，从而保证了马铃薯 12 月中旬种植，5 月中旬收获，并且能达到较高产量。

（三）小麦与豌（蚕）豆间作

1. 分布地区和条件　小麦蚕豆间作在长江以南和以北皆有分布，分春播区和秋播区，秋播区主要分布在一年三熟的多熟种植的四川、云南、贵州、陕西南部、湖南、湖北等地，春播区主要分布在一年两熟或一熟的山西、甘肃、内蒙古、河北、北京、青海等区域，适合中国北方和南方冷凉的区域种植。云南省由于地势、气候及耕作制度的复杂多样，小麦蚕豆间混作是一种很普遍的粮食高产种植方式，以秋播冬种为主。海拔 1 900m，年平均气温 12 ~ 17℃，1 月平均气温 7 ~ 9℃，3 月平均温度 11 ~ 14℃。年降水量 1 100 ~ 1 900mm，蚕豆生育期 ≥0℃ 积温 1 600 ~ 2 700℃，日照 1 300 ~ 1 700h，雨量 116 ~ 280mm。在甘肃一年两熟区也有该种植模式，主要分布在甘肃的南部，以早春播种为主，海拔2 600 ~ 3 100m 的区域，年平均气温 5 ~ 10℃，年日照时数 2 200 ~ 2 600h，年降水量 370 ~ 550mm，无霜期 180d 以上。

2. 规格和模式　在秋播区种植小麦豌豆模式有 4 : 2 模式，麦豆行比 2 : 4，即 2 行蚕豆 4 行小麦，蚕豆株行距 25cm，小麦行距 25cm，豆麦间距 30cm。秋收整地后于 10 月1 ~ 5 日先播种蚕豆，10 月 10 ~ 15 日播小麦，既适时播种，又要播期错开 10d 左右，以利蚕豆苗期生长。春播区种植模式有 6 : 2，麦豆行比 6 : 2，6 行小麦，2 行蚕豆，小麦行距 10cm，蚕豆行距 20cm。小麦于 3 月下旬播种，蚕豆于 4 月上旬播种 2 行，小麦和蚕豆的间距为 15cm，条播行距一般 25 ~ 40cm，点播穴距一般 15 ~ 30cm，每穴 2 ~ 4 粒种子。

3. 技术要点

(1) 合理轮作倒茬　豌豆最忌连作和迎茬，迎茬种植不仅使植株生长不良，产量下降，而且诱发和加重根腐病的发生。因此，结合秋粮作物或者夏粮作物与小麦豌豆群体实

行轮作，可有效减轻根腐病的发生，对提高豌豆产量有良好的效果。

（2）精细整地蓄水保墒　由于豌豆根系分布较深，主根发育早而快，故要深耕，整细土地。秋播地一般在夏粮收获后及时深耕灭茬，伏耕晒垡，秋季结合深翻，施足底肥；春播要在头年冻土前深翻 25～30cm，进行冬炕，有利于大黄泥土块冻酥，立冬前后耙耱镇压，减少秋季水分蒸发，做到伏雨春用，春旱秋抗。早春地表解冻后，及时镇压土地，封闭土壤裂隙，减少土壤水分蒸发，播种前再进行一次深翻耙平。

（3）平衡施肥　根据土壤肥力和小麦豌豆产量目标，实行有机肥与无机肥、底肥和追肥、N、P、K 和微肥配合施用。一般底肥以农家肥和 P、K 肥为主，在秋季进行土壤深耕时，按照每亩撒施腐熟的农家肥1 500kg，过磷酸钙 20～30kg，K_2SO_4 20～30kg 或者草木灰 50～100kg 于地表，或者施用 N、P、K 三元复合肥 40～50kg/亩作基肥，然后进行土壤耕翻。若地力差的田块或大黄泥地，在基肥中，还应增施 4～8kg/亩尿素，以满足小麦和蚕豆复合群体苗期生长的需要，以利于提早形成壮苗和根瘤的迅速形成。

（4）选择良种，高质量适期播种

①选种　播前选择生长势强，产量高，抗逆性强的优质品种。如小麦选择抗病的品种，豌豆选择皮绿、粒大、整齐、无损伤、无病虫的种子作种。一般在南方秋播区多选择为中间型（株高一般 90～150cm）的品种，在北方春播区种植时则往往表现为矮生型（株高一般 15～90cm）品种；在北方春播区表现为中间型的品种，在南方秋播区往往表现为高大型（株高 150cm 左右）。

②种子处理　首先要晒种。播种前将种子在阳光下暴晒 2～3d 有利于促进种子的活力，杀死病菌和虫卵，提高出苗率和提早出苗。第二，药剂拌种，对于小麦播前可采用杀虫剂和杀菌剂进行拌种。豌豆可采取盐水选种，将种子放入 40% 的盐水中，捞去上浮的、不饱满的和受虫害的种子后，将种子捞出用清水冲洗晾干水分后播种。第三，烫种。为防治豌豆象的为害，可将种子在沸水中烫 20～30s 立即捞出摊薄散热后播种。但这种方法在气候干旱、土壤干燥的情况下不宜采用。第四，豌豆种拌 Mo 裹 P。每亩用钼酸铵 25～30g，将细筛后的 5kg 过磷酸钙粉与 5kg 细黏土混合均匀待用，然后用少许碳氨或白酒将钼酸铵溶化，再加少许水，能使整个种子浸湿为度，先用钼酸铵液将种子拌湿，迅速将过磷酸钙（与细土混合）与种子进行拌裹后立即播种，放置时间不能超过 3h。第五，接种根瘤菌。用自制的根瘤菌接种，其方法是在豌豆收获后，选无病、根瘤菌多的植株根瘤部位，洗净，在 30℃以下的暗室中干燥，然后捣碎装袋，贮藏于干燥处。播种时用水浸湿与种子拌匀。

（5）适期合理密植　一般掌握小麦播种量为 150kg/hm^2，蚕豆播量 27 万株/hm^2。秋播区一般前茬作物收获整地后于 10 月 1～5 日先播种蚕豆，10 月 10～15 日播小麦。小麦行距 20cm，豌豆条播一般行距 20cm，株距 13cm，人工穴播的行距 40cm，株距 30cm，每穴 3～4 粒，播种深度 5cm 左右；对于菜用绿豌豆为便于搭架，采用宽窄行播种较好，宽行 60cm，窄行 30cm，穴距 25cm，每窝 4 粒，每公顷 30 万株。春播区在不受冻害的情况下蚕豆尽量早播，适期早播可避开黏虫、潜叶蝇的为害期，对豆象、蚜虫的侵害也有抑制作用，同时还可避开或部分避开后期的高温阴雨天气，减少种子发芽霉变的可能性。一般小麦于 3 月下旬播种，蚕豆于 4 月上旬播种，小麦和蚕豆的间距为 15cm，豌豆条播行距

一般25~40cm，点播穴距一般15~30cm，每穴2~4粒种子。豌豆播种过早，因地温过低，种子不易萌发。播种过迟，春季干旱多风，使秋冬，早春保蓄的土壤水分大量损耗，出苗率低。而且迟播豆田，开花结荚期适逢干热风频繁发生时期，引起早衰。因此，应根据不同地区海拔和土壤解冻情况顶凌播种。

（6）田间管理

①匀苗定苗　为保证豌豆有合理的间距，促进生长健壮，在苗高5cm左右时要进行一次匀苗、定苗，条播的按设计的株距留苗，点播的每穴留3~4株。

②灌水　播种时，最佳播期抢墒（下雨前后）播种，确保一播全苗。若小麦播后出苗前遇旱或者底墒水不足时，应及时灌水促早出苗，确保小麦全苗、齐苗。在豌豆开花结荚时若遇干旱，可灌2~3次水保花、保荚，或者结合小麦灌浆浇水。

③化学除草　在播前1~3d，亩用25%克无踪150ml，加水50~60kg，于晴天全田常规喷杀。出苗后莱用豌豆选择性除草剂进行定向喷雾除草。

④中耕除草　由于豌豆需要疏松土壤，才利根系和根瘤的生长。因此，在豌豆始花前必须进行中耕除草。第一次中耕在株高5cm左右时用小锄进行一次浅除，深度以3~4cm为宜，现蕾时第二次除草进行小培土，以后主要以人工拔除杂草为主。条播和点播的在植株封行前进行中耕2~3次，并结合中耕进行小培土。

⑤肥水管理　在小麦豌豆生育过程中要追施总施N量的50%，可选择在小麦拔节期或豌豆始花期每公顷追施150~300kg尿素，以利小麦生长和穗分化，同时，有利提高豌豆结荚率，促进籽粒饱满。也可在封行搭架前每公顷施复合肥375~450kg、尿素150~200kg、K肥150kg，并在盛花期喷施B肥保花、保荚，或者花期根外喷施B、Mo等微量元素，如在开花结荚期，根外喷施0.2%的硼酸液、0.05%的钼酸铵液，同时，在小麦灌浆期或者豌豆花期增加0.2%尿素液和0.4% KH_2PO_3 混合液喷施效果更好。

⑥病虫害防治　小麦病害主要是白粉病、锈病和纹枯病。当小麦白粉病病情指数达5%~8%时，即应进行药剂防治。每亩15%粉锈宁可湿性粉剂50g加“天达2116”壮苗灵加水30kg，在早春喷洒一次即可基本控制为害，并可有效防治冻害兼防治条锈病和白粉病。在发病较多的地区，可以用15%粉锈宁可湿性粉剂按种子重量0.12%拌种，控制秧苗病情，减少越冬菌量，减轻发病。也可用代森锰锌80%可湿性粉剂800~1 000倍液、丙环唑25%乳油每亩加水2 500~3 000倍液、特富灵30%可湿性粉剂500~800倍液、15%多效唑可湿性粉剂每公顷600g、12%禾果利每亩30g加水50kg喷雾，每隔7~10d防治一次，连喷2~3次。小麦分蘖末期纹枯病发生的病株率达10%~15%时，用20%井冈霉素可湿性粉剂30g或12.5%禾果利可湿性粉剂30~60g进行防治。小麦害虫主要是蚜虫，间作首先可以有效减轻蚜虫为害。当百株蚜量达到500头时，用呵蚜20%乳油6 000~10 000倍液、铁打每公顷800ml、灭净25%乳油500~800倍液，铁打每公顷1 500ml，加水1 250kg、25%灭净500~800倍液、10%吡虫啉可湿性粉剂500倍液、农地乐每公顷1 250~1 500ml进行喷雾，每隔7~10d喷1次，连喷2次。豌豆的常见病害有锈病、霜霉病和病毒病，一般可采用种子消毒，如用0.6~1.0kg多菌灵、福美双或苦生乐仁粉拌种100kg豌豆种子，以杀灭病原菌；二是采用药剂防治，除病毒病以外，均可用波尔多液加以保护，用多菌灵、甲基托布津和代森锰锌等广谱杀菌剂进行防治。病毒病可采用敌

杀死等药剂灭蚜，消灭传毒媒介；三是及时拔除已感染病毒病的植株并彻底销毁。豌豆常见虫害有豌豆蚜、豌豆象、豌豆潜叶蝇。豌豆蚜用50%马拉硫磷乳剂50%二溴磷乳剂2 000倍液，每公顷用药液450~600kg喷雾，均有较好的防效。如田间蚜虫不多，而又发现有七星瓢虫，可不喷药或暂缓喷药。

（7）适期收获　豌豆收获过早过晚对产量和品质都有一定影响。收获过早因籽粒尚未成熟，影响干物质积累；收获过晚，易引起炸夹而造成收获中的损失。若种植干豌豆，其收获的时间一般春播区在6~7月间收获，秋播区在4~6月间收获，人工收获豌豆时，以连株拔起，放场边晾晒为好。在充分晾干后，在打场或用谷物脱粒机脱粒。若种植的是菜用青豌豆粒，通常宜在开花后18~20d时开始采收。都是手工采摘。有些种植者是分次采收，一般早熟矮生品种可分1~2次采收，中晚熟蔓生品种分2~3次采收。也可以一次性采收，即在适当时期将豌豆连棵拔起，然后摘下上面所有的荚。

4. 效益分析　小麦∥豌豆可有效增加群体的混合产量。因为小麦和蚕豆在形态和生理上差别较大，两者间作优势互补。蚕豆还是重要的食用蛋白来源之一，经济价值高，两者间作可增产增收。杨进成（2009）在研究小麦∥蚕豆结果表明，间作使复合群体的小麦增加产量0. 28~0. 63t/hm^2，提高蚕豆产量2. 14~5. 72t/hm^2，提高经济效益22. 46%~34. 25%。小麦∥蚕豆还提高了土壤的养分，尤其是土壤速效N。因为豌豆可利用自身根瘤菌的固N作用，同时通过大量的壳、叶、残根等还原于土壤，增加土壤的有机质，提高土壤疏松性，改良土壤结构，培肥地力，有利于后作增产。据测定，蚕豆的平均固N量为14. 8kg/亩。甘肃临夏州农业科学研究所测定，小麦∥蚕豆后，土壤中速效N、P、K分别达295. 65mg/kg、197. 1mg/kg和189. 0mg/kg，分别为小麦种植后土壤速效N、P、K含量的320%、121%和111. 9%。云南省农科院土肥所定位试验，种植蚕豆后可丰富土壤中的N，降低后作N肥使用量，可使栽培成本下降30%，减少农业面源污染。此外蚕豆还是重要的绿肥作物，尤其是发展鲜食蚕豆地区青荚采收后将鲜茎叶切碎翻入土中作绿肥。另据研究，小麦// 蚕豆能显著增加小麦和蚕豆根际的微生物数量，原因可能是作物间作系统存在着两种作物的根系分泌物，它们不仅为根际微生物提供生长繁殖所需的能源，而且直接影响根际微生物的数量和种群结构，间作使配对作物根系的补偿效应得以充分发挥，促进了作物根系生长。小麦∥豌豆系统由于根系的相互作用，不仅显著影响作物的养分吸收和产量，而且影响作物的综合抗病性。杨进成（2009）在研究不同年份和各组试验小麦、蚕豆间作时发现，间作比单作对主要病虫害都有不同程度的持续控制效果，尤其对蚕豆赤斑病和蚕豆斑潜蝇控制效果显著，而且因间作很好地改善了小麦和蚕豆的产量构成因素、增加了蚕豆叶片面积，从而明显地提高增产和增收效益。间作对小麦锈病、小麦白粉病、蚕豆赤斑病的控制效果分别为30. 40%~63. 55%，25. 60%~49. 36%和31. 51%~45. 68%，对小麦蚜虫、蚕豆斑潜蝇、蚕豆蚜虫的控制效果分别为23. 00%~37. 20%，15. 4%~64. 0%和17. 4%~25. 2%；增加蚕豆单株叶面积85. 33~574. 92cm^2，增加蚕豆单株根瘤生物量1. 53~7. 27g；从而增加小麦产量0. 28~0. 63t/hm^2，提高蚕豆产量2. 14~5. 72t/hm^2，提高经济效益22. 46%~34. 25%。

三、其他间作

（一）谷子与绿豆间作

1. 分布地区和条件 谷子和绿豆主要分布于华北、西北等地的半湿润偏旱和半干旱地区。该区生态环境严酷，自然灾害频繁，特别是旱灾已成为对农业生产最主要的威胁。谷子和绿豆是这些地区传统的粮食作物和重要的经济作物，具有明显的资源优势和生产优势。谷子和绿豆等小杂粮耐旱耐瘠，适应性强，籽实营养丰富，医食同源且耐贮藏，自古以来一直在黄土高原旱作农区作物生产中居主体地位。该间作模式分布区域包括山西、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、河北、河南等地。海拔1 500～2 000m，无霜期120～175d，年平均气温5～7.7℃，年均降水量250～452mm，年蒸发量1 500～2 490mm，≥10℃积温2 100～2 500℃，适宜一年一熟和一年两熟。

2. 规格和模式 间作4∶6模式，即谷子种植4行，绿豆种植6行，其中，谷子行距20cm，绿豆行距50cm，两作物的间距为30cm。3∶2种植模式，即谷子种植3行，绿豆种植2行，谷子行距20cm，绿豆行距50cm。6∶2种植模式，即谷子种植6行，绿豆种植2行，谷子行距20cm，绿豆行距50cm，两作物的间距为30cm。6∶6种植模式，即6行谷子，6行绿豆。

3. 技术要点

（1）整地　谷子绿豆间作要精细整地。由于该模式大多种在旱地，出苗所需水分主要靠自然降水，因此，要做好蓄水保墒。在前茬作物生长期间，趁雨季到来之际，在作物行间中耕松土，充分接纳雨季降水。待秋作物收获后，立即灭茬、铺施底肥、深耕。耕翻深度要求20～25cm，耕后抓紧耙地保墒。

（2）重施基肥　该模式生产以有机肥为主，无机肥为辅，有机和无机混合使用为原则。增施基肥是该间作模式增产的重要措施。一般每公顷产量7 500kg谷子和1 000kg绿豆，需底施优质农家肥5 000～7 500kg；600～750kg过磷酸钙和450～600kg $CaHPO_3$。一熟区基肥最好是结合秋耕施入；也可结合早春耕施入。在两熟区为了抢墒，往往来不及施底肥，可用大豆专用肥，每亩20～25kg作种肥。

（3）适期播种，合理密植　谷子和绿豆生育期较短，播种适期长，既可春播又可夏播。北方春播自4月下旬至5月上旬，夏播在5月下旬至6月上旬。播种方法，谷子以条播为主，也可散播，绿豆以条播和穴播为主，一般行距40～50cm，株距10～15cm，播深2～4cm。穴播时每穴3～4粒，行距50～60cm。合理的种植密度是产量构成的重要因素，一般旱地每公顷谷子密度为7.5万～15万株，绿豆直立或丛生型品种亩保苗0.8万～1.5万株，半蔓生型品种亩保苗0.7万～1.2万株，每公顷用种量15～22.5kg。谷子幼苗出土前，用石砘随播种沟再次轧地，踏实土壤，防止“悬苗”，助苗出土。播后遇雨，石砘镇压，及时破除地表板结。

（4）种子处理

①精选种子和晒种　播前对种子要进行精选，可用筛选、簸选和水选，保证种子质量。在谷子和绿豆播种前3～7d，选择晴天将种子摊放在席上进行翻晒2～3d。

②拌种　用谷子种子质量的0.3%的25%瑞毒霉可湿性粉剂拌种，或用种子质量的0.3%~0.5%的阿普隆拌种，防治谷子白发病。用种子质量的0.2%~0.3%的75%粉锈宁可湿性粉剂或多菌灵拌种，防治谷子黑穗病。

③适时播种　北方春播自4月下旬至5月上旬，夏播在5月下旬至6月上旬。一般播种深度为3~5cm，土壤墒情好的可适当浅些，墒情差的可适当深些。播种方式为耧播或机播。

④施种肥　每亩用3kg磷酸二铵或尿素作种肥，播种时随种子施入沟内。土壤干旱、墒情差，则不施种肥，防止烧芽造成缺苗断垄。

(5) 田间管理

①查苗、补苗、间苗、定苗　在出苗后应及时查苗、补苗、间苗。谷子一般在3~4片叶时间苗，6~7片叶时定苗。绿豆在第一片真叶展开后间苗，在第一片复叶展开后定苗，按既定的密度要求，实行单株留苗。若缺苗断垄，应尽早补种。若移栽，在阴雨天带水作业。

②中耕除草　谷子第一次中耕结合定苗进行浅锄，围土稳苗；苗高25cm左右时，深中耕1次，苗高40cm左右时，再次深中耕并培土，可在绿豆分枝期培土10cm左右，防止后期倒伏。可采取化学除草，在谷子和绿豆播种后出苗前，每公顷用50%的扑灭净3 000~6 000g，加水225~375 L，喷于地表，进行化学药剂封闭。或出苗后用对杂草茎叶处理的除草剂。如谷子生长期间杂草仍大量发生，可在谷苗4~5片叶时，用72%的2，4-D丁酯450~600g，加水225~300L喷洒叶面，灭草效果可超过90%，要喷洒均匀，以免伤谷苗。

③灌溉与排涝　谷子和绿豆耐旱主要在苗期。绿豆三叶期以后需水增加，现蕾期是绿豆的需水临界期，花荚期达需水高峰；谷子在抽穗前后为需水临界期，要浇水防止“卡脖旱”；开花灌浆期，如遇干旱应轻浇水，确保粒多、粒饱。因此，要把握住土壤墒情，适期灌水。同时，田间雨水过多时，要注意排涝。

④施肥　追肥在谷子拔节孕穗期，结合浇水每亩追施NH_4NO_3 20kg，旱地应趁雨追肥。灌浆期用2%的尿素溶液和0.2% KH_2PO_3溶液，叶面喷施；抽穗前到灌浆期用浓度为3%的硼酸溶液100kg叶面喷洒，间隔7d再喷1次。喷施应选晴天10时前或15时后进行。

⑤病虫害防治　谷子病虫害主要有粟灰螟、黏虫，可采取物理和农艺措施综合防治，如轮作倒茬、虫灯和诱液诱杀；也可采取化学防治，如粟灰螟幼虫3龄前（蛀茎秆前），用90%晶体敌百虫1 000~1 500倍液喷雾防治；另外，黏虫幼虫3龄前，用Bt乳剂200倍液或90%晶体敌百虫500~1 000倍液喷雾，或用2.5%敌百虫粉喷粉。绿豆病害主要有根腐病、病毒病、叶斑病，虫害主要有小地老虎、蚜虫。防治病害常采用50%多菌灵可湿性粉剂或50%福美双可湿性粉剂（种子量的0.3%）拌种。发病初期用75%百菌清可湿性粉剂600倍液或50%多菌灵可湿性粉剂600倍液喷雾。用30%绿得宝400倍液或80%的三唑酮300~500倍液喷雾防治叶斑病。喷施70%艾美乐水分散剂1 000~2 000倍液喷雾防治蚜虫。用90%敌百虫1 000倍液或2.5%溴氰菊酯3 000倍液或2.5%敌百虫粉剂喷洒防治地老虎，也可于傍晚在靠近地面的幼苗嫩茎处施用毒饵或用90%敌百虫晶体

1 000倍液或50%辛硫磷乳剂1 500倍液灌根防治。

（6）适时收获　谷子成熟后，要及时收获，以保证丰产丰收。收割过晚，容易造成落粒和鸟害；但收割过早，籽粒成熟不好，秕谷率高，千粒质量下降，产量降低，影响质量。一般以蜡熟末期或完熟初期收获最好。谷子有后熟作用，收后不必立即脱粒，可先运到场上垛好，7～10d后打场脱粒，绿豆的开花结实由下而上，分批分期开花，荚果也是自下而上渐次分期分批结荚成熟，因此，要分批适时收摘，以防“炸荚落粒”。一次性收获的品种可当全株70%左右豆荚成熟后收获。

4. 效益分析　马秀杰等（2006）在白城的试验结果表明，绿豆和谷子间作，间作群体产量为1 248 kg/hm^2，单作绿豆的产量为1 202 kg/hm^2，绿豆产量和单作相比增产3.83%；生产上调查间作谷子的产量为3 750kg/hm^2，生产田调查单作谷子产量为3 789 kg/hm^2，产量基本持平。绿豆和谷子间作，由于谷子的株高和绿豆相差不大，谷子对绿豆遮光影响较小，间作绿豆产量增加，谷子产量基本和单作产量相持平。因此两者是较好的间作模式。如果土壤状况较好，并适当增加农家肥和化肥的施用，增产效果会更加明显。李清泉（2007）在黑龙江试验证明，间作能优化谷子产量，与谷子传统单作种植比较，每穗粒数增加14.6%，千粒重提高2.9%，穗粒重增加19.4%，单产提高了12%，总产量增加20%，纯收入增加19.8%，因而能达到高产高效的目的。同时，2004～2005年在甘肃甘南县长山乡及兴隆镇进行了谷、豆分带等宽栽培模式的大面积示范试验，结果表明，该间作栽培模式比单作栽培平均增产11.5%～29.8%，经济效益提高23.9%。分析其效益原因：谷、豆分带等宽种植，田间通风透光良好，谷子叶片接受光照较好。据测定，分带等宽种植的谷子行间下总光强比单作的高123.7%。同时，土壤水分通过蒸腾消耗而不是从表土直接蒸发，从而提高了土壤水分的有效性和作物抗旱性。此外，谷、豆分带栽培的谷子能充分利用当地的热量资源。据测定，分带栽培的谷子行间温度比对照高0.4℃，叶片温度高0.8℃，所以，生长发育比较充分，田间形成了谷高豆矮的复合群体，既充分满足了谷子需要强光的特点，又充分利用了豆类相对耐阴的特性，从而提高了光照资源的利用率。研究表明，谷子强光下光合作用比绿豆大得多，而绿豆在弱光下光合作用的降低比谷子小。谷子绿豆间作也利用两个作物根系的互补，能够实现多层用水，豆科植物一般根系较禾谷类深，因此，可以实现水分和养分的多层利用。其次是豆科作物的固N作用，能增加土壤中N素成分，提高土壤供肥能力，实现节本和高效。

（二）马铃薯与蚕豆间作

1. 分布地区和条件　该种植模式主要分布在北方的甘肃、宁夏的冷凉区以及南方的云南丘陵和山地。在北方主要分布在甘肃南部和宁夏南部区域，海拔1 100～2 800m，年平均气温5.7～8.8℃，无霜期120～150d，年均降水量630～669mm，年蒸发量1 879mm，年日照时数2 229～2 800h，≥0℃积温2 500～2 700℃，≥10℃积温1 500～1 575℃。而在云南地理环境差异较大，在滇中地区一年四季大多可以种植该模式。

2. 规格和模式　该间作模式规格主要有：2∶2模式，即马铃薯2行和蚕豆2行，马铃薯行宽60cm，膜侧种植2行，株距25cm，蚕豆行宽30cm，垄沟种植2行，株距15cm；2∶5模式，即马铃薯2行和蚕豆5行，马铃薯行宽60cm，膜侧种植2行，株距25cm，蚕

豆行宽 75cm，垄沟种植 5 行，株距 15cm；2∶4 模式即马铃薯 2 行和蚕豆 4 行，马铃薯行宽 60cm，膜侧种植 2 行，株距 25cm，蚕豆行宽 60cm，垄沟种植 4 行，株距 15cm；2∶3 种植模式，即马铃薯 2 行和蚕豆 3 行，马铃薯行宽 60cm，膜侧种植 2 行，株距 25cm，蚕豆行宽 45cm，垄沟种植 3 行，株距 15cm；垄面宽 60cm，垄高 12cm。2∶2 宽窄行模式，马铃薯采用宽窄行种植，宽行行距 60cm，窄行行距 20cm，株距 40cm，在每一宽行内间作 2 行蚕豆，行株距均为 20cm。

3. 技术要点

（1）播前整地　选地要选用疏松肥沃的土壤，尤以半沙壤土为好，最好选前作是稻茬或小麦茬及根菜类的田块。前茬收后深耕晒“垡”、“立冬”前后灌足冬水，早春镇压耙耱，土壤解冻后亩施农家肥 4 000 ~ 5 000kg，硝铵 20 ~ 25kg，P 肥 50kg，撒施后浅耕一遍，把肥料翻入土内耙平耱细，然后再起垄畦。

（2）选择优良品种　精选品种是马铃薯间作蚕豆增产的重要措施之一。马铃薯选用株型紧凑、适应密植、中晚熟、抗病、耐旱、高产优质的克新一号、青薯 168、晋薯 7 号、中薯 3 号、陇薯 6 号等品种；蚕豆播前进行粒选，选用抗旱、保花、早熟、丰产、抗病的青蚕 3 号、农 17、曲农白、临蚕 5 号等品种。播前进行种子处理，马铃薯以 50 ~ 100g、无病虫、无伤口、无畸形的整薯作种薯为好，用 58% 甲霜灵 800 倍液消毒，种薯过大，需切为 30 ~ 40g 的带芽薯块。

（3）适期播种　在甘肃和宁夏冷凉阴湿区，马铃薯间作蚕豆实行两作同期播种，阴湿区 4 月中旬播种为宜，半干旱区 3 月低到 4 月上旬为宜。在云南丘陵山地则一年四季皆可播种，春季一般 2 ~ 3 月，夏季 6 ~ 7 月，秋季一般在 9 月中旬，冬季一般在 11 月上旬。马铃薯套种蚕豆田均应重视农家肥，马铃薯以 N、P、K 配合施肥，蚕豆施肥以 P 为主，N、P 配合施用。在秋施肥的基础上，马铃薯田在播种时沿沟穴施尿素 75 ~ 90kg/hm^2、普磷 180 ~ 270kg/hm^2，K_2SO_4 60kg/hm^2；蚕豆田沿沟均匀条施普磷 450 ~ 555kg/hm^2。

（4）田间管理

①中耕培土　要根据马铃薯生长及浇水情况而定，一般是在苗齐后进行一次深中耕，以消灭田间杂草；苗高 10 ~ 15cm 时结合追肥进行浅中耕小培土；封畦或现蕾时进行第二次浅中耕大培土，垄高 10 ~ 15cm，有利薯块膨大，不致匍匐茎外露。

②摘心打顶　蚕豆是无限花序作物，盛花后期，植株上部茎梢会伸长开花，此时应摘花心打顶，控制蚕豆徒长，减少植株养分的无效消耗，集中供应有效花座，保花培荚，防止贪青倒伏，增加粒重；马铃薯盛花期出现徒长，应采取摘花的办法控制，以利于植株养分向地下块茎的输送，促进膨大。

③施肥　马铃薯施肥要以农家肥为主，化肥为辅。可分基肥：每亩施入畜粪 1 000kg 混土肥 1 500 ~ 2 000kg，在起畦时撒施；追肥从苗期到现蕾前每亩施尿素 15kg 或复合肥 25kg；从第二次浅耕时结合高培土用 NH_4HCO_3 450 ~ 900kg/hm^2 混 P 肥 25kg 混匀后施入，或者追施磷酸二铵 450 ~ 562.5kg/hm^2，促使结薯。在马铃薯开花和蚕豆结荚期，进行喷肥，喷施 KH_2PO_3 3.0kg/hm^2，加水 600kg，进行叶面喷施 1 次，促进薯块膨大，豆粒饱满。

④科学灌溉　苗期植株小，可以不浇水，只有过分干旱时适当浇一次水，浇后要中

耕；现蕾期或者开花期是马铃薯和蚕豆生长茎叶的旺盛期，就要充足的水分，稍有干旱，即行浇水。到收获前一周要停止灌水，以免不耐贮藏。

⑤病虫害防治　马铃薯主要地下害虫有地老虎、蛴螬、金针虫和蝼蛄等。防治方法是，每亩用50%辛硫磷乳剂400～500g，3%辛硫磷颗粒1.5～2kg，拌在50kg细土或沙里，播前施入沟内，播种后覆土。在成虫盛发期，对害虫集中的作物或树上，喷施50%辛硫磷乳剂1 000倍液，或2.5%溴氰菊酯（敌杀死）乳油3 000倍液，或20%氰戊菊酯（速灭杀丁）乳油3 000倍液防治。马铃薯的病害有晚疫病、环腐病、青枯病、黑胫病、疮痂病等。防治方法：一是在用种时选无病薯作种；二是药物防治，可采用多菌灵、甲基托布津、瑞毒霉等轮换使用，隔15d喷一次，连喷3次。马铃薯和蚕豆的害虫有瓢虫、螨虫、蚜虫为害，可分别用敌百虫、敌敌畏、可杀得或螨克等喷杀。蚕豆：用2.5%敌杀死450～600ml/hm^2加水喷雾，防治黑绒金龟甲，还可兼治潜叶蝇；用80%敌敌畏375～600ml/hm^2加水喷雾，防治蚜虫。

（5）适时收获　马铃薯植株当茎叶自然落黄、干枯时，薯块发硬不再膨大、薯皮栓化、不易破时，即可收获，便于贮藏和运输；对后期加速结薯或块茎膨大的晚熟品种类型，一定要到上层茎叶全部干枯后收获，才能获得较高产量。蚕豆收获应在黄熟末期进行，此时叶片大部分脱落，茎和荚全部变成黑色，籽粒开始与荚壳脱离，摇动时有响声，即可收获，收后立即晒干。

4. 效益分析　马铃薯是抗旱作物，更是高产作物，蚕豆则是典型豆科高产作物，两者搭配种植后，丰水年发挥了蚕豆的增产优势，马铃薯也增产，可实现双丰收。从杜守宇（1993）在宁南山区的间作试验来看，马铃薯间作蚕豆两作合计主粮产量（马铃薯块茎产量按5∶1折算）达7 251kg/hm^2，较马铃薯单种增产684kg/hm^2，比蚕豆单种增产2 835 kg/hm^2，增产率分别为10.4%和64.2%。在固原县推广2 684公顷，平均产量马铃薯块茎15 814.5kg/hm^2，蚕豆籽粒1 154.25kg/hm^2，合计主粮4 317kg/hm^2，较单作马铃薯和蚕豆平均产量亩增产100.89kg，增产率53.97%。生产实践和试验研究证明，马铃薯间作蚕豆确能适应以干旱为主体特征的复杂气候条件，达到旱年以薯补豆，稳产保收；丰水年薯豆双双增产，高产高效的理想目标，且增产效应一般是干旱等灾害年份大于丰产年份。对马铃薯间作蚕豆及两作单种的经济效益比较看，间作田较两作单种田生产成本虽然分别增加74.55元/hm^2、184.2元/hm^2，但总产值分别增加947.25元/hm^2、2 215.2元/hm^2。纯收入间作田比马铃薯、蚕豆单种田增加872.85元/hm^2和2 031元/hm^2，投资产值率提高0.42元/元和1.01元/元。间作田劳动生产率同样有所提高，比马铃薯单种提高0.88元/劳动日，比蚕豆单种提高3.14元/劳动日。在甘肃南部半干旱区试验看，马铃薯间作蚕豆2∶2模式产投比最高，马铃薯折合产量38 550kg/hm^2，蚕豆折合产量1 635kg/hm^2，产值高达26 563.5元/hm^2，纯收益16 848元/hm^2，是甘肃中南部雨养区适宜的种植推广模式。

分析马铃薯蚕豆间作增产增效的原因主要有以下几点：第一是透光率增加，在不同行比间作模式中，与单作相比，马铃薯的光照状况未见削弱，而蚕豆光照明显增加。第二是通风状况改善，与单作相比，间作群体尤其是蚕豆通风状况得到明显改善，蚕豆的群体田间温度也表现为升高。第三是间作系统的作物生长发育效应明显提高，间作与单作相比，

由于株间的通风透光条件改善，营养面积扩大，造成正向的生长发育效应，致使间作蚕豆比单种单株分枝数多0.57个，单株结荚数多0.6个，单株粒数多3.7粒，百粒重高8.7g，单株粒重高7.6g。第四是间作系统的养分生产效率比蚕豆单种体系也有所上升，N素经济产品生产率增加5.78kg/kg，P素的经济产品生产率增加36.63kg/kg。

（三）马铃薯与燕麦间作

1. 分布地区和条件　马铃薯、燕麦间作主要分布内蒙古、甘肃和宁夏等区域。海拔484～1 100m。大陆性季风气候，春季干旱多风，夏季较为凉爽，昼夜温差大。常年平均气温8℃，年均降水量353.4mm，无霜期140～160d，年日照时数2 400～2 800h，≥0℃积温2 500～2 700℃，≥10℃积温1 500～1 875℃。

2. 规格和模式　马铃薯、燕麦间作主要有2∶3模式，即2行马铃薯，行距40cm，株距25cm，穴播，播种密度6 600穴/亩，3行燕麦，行距30cm，播种量10kg/亩，种植方式为条播。4∶10模式，即马铃薯种植4行，行距50cm，燕麦种植10行，行距20cm，带间距35cm，间作带幅宽4m。

3. 技术要点

（1）精细整地　一是选择良好前茬地块。选地要选用土层深厚、地势平坦、疏松肥沃的壤土或沙壤土。燕麦不宜连作，在合理轮作的基础上选择豆类、玉米、瓜类等前茬田块。二是深耕整地，前茬作物收获后进行深耕，耕深25cm左右，耕后耙耱平整，纳水蓄墒，春季不宜耕翻，以免跑墒，土壤解冻后亩施农家肥4 000～5 000kg，NH_4NO_3 20～25kg，P肥50kg，撒施后浅耕一遍，把肥料翻入土内耙平耱细。三是土壤消毒，结合春秋整地施肥，用甲基异硫磷、多菌灵等农肥进行土壤处理，有效防治土传性病害和地下害虫。

（2）精选良种　马铃薯选用株型紧凑、适应密植、中晚熟、抗病、耐旱、高产优质的克新一号、青薯168、晋薯7号、中薯3号和陇薯6号等品种；燕麦选用优质、高产、适应性强、抗病性强的国家或者省审定推广的品种，如品燕7号、白燕2号、坝莜1号、宁莜8号等。播前进行种子处理，马铃薯以50～100g无病虫、无伤口、无畸形的整薯作种薯为好，用58%甲霜灵800倍液消毒，种薯过大需切为30～40g的带芽薯块。燕麦种子播前要清选、充分晾晒、杀灭表面病菌，可用甲拌磷原液100～150g加3～4kg水拌种50kg；用种子量0.2%的拌种霜或0.15%拌种灵进行拌种，可防治燕麦黑穗病。

（3）适期播种　一般在高原冷凉区域，燕麦的适宜播期在3月25日至4月15日，最佳播期为清明前后，最迟不要超过谷雨；马铃薯以4月上中旬播种为宜。根据降水情况，抢墒播种尤为关键，最好采用机械播种或人工开沟条播，条播行距15～20cm，深度以5～6cm为宜，防止重播、漏播，下种要深浅一致，播种均匀，播后耱地，马铃薯采取穴播方式。

（4）田间管理

①中耕除草　马铃薯和燕麦生长期间一般除草2～3次。一般在马铃薯苗齐后或燕麦的三叶期进行一次中耕，可以消灭田间杂草，同时提高地温，减少水分蒸发，促进早扎根，快扎根，保全苗，也可选择三叶期化学除草，定向喷雾。第二次在马铃薯苗高10～

15cm 时结合追肥进行浅中耕小培土或在燕麦 4 ~ 5 叶期进行中耕除草；第三次是在封畦或现蕾时拔节后浅中耕，对马铃薯进行培土，垄高 10 ~ 15cm，有利薯块膨大，不致匍匐茎外露。到生育后期可选择人工除草。

②施肥和灌水　追肥从马铃薯苗期到现蕾前，每亩施尿素 15kg 或复合肥 25kg。在第二次浅耕时用 NH_4HCO_3 450 ~ 900kg/hm^2 混 P 肥 25kg 混匀后施入，或者追施磷酸二铵 450 ~ 562.5kg/hm^2，促使结薯。为了提高产量和改善品质，在复合群体生长的中后期，如在燕麦抽穗期和扬花前，用 KH_2PO_3 2.25kg/hm^2 加尿素 5kg/hm^2 加 50% 多福合剂 2 kg/hm^2，加水喷施。有灌水条件的地方，如遇春旱，于燕麦三叶期至分蘖期灌水 1 次，灌浆期灌水 1 次。苗期灌水时，从总肥量中取出尿素 7.5kg/hm^2 随水灌施。

③病虫害防治　马铃薯和燕麦复合群体主要地下害虫有地老虎、蛴螬、金针虫和蝼蛄等。可采用每亩用 50% 辛硫磷乳剂 400 ~ 500g，3% 辛硫磷颗粒 1.5 ~ 2kg，拌在 50kg 细土或沙里，播前施入土内，播种后覆土。在成虫盛发期，对害虫集中的作物或树上，喷施 50% 辛硫磷乳剂1 000倍液，或 2.5% 溴氰菊酯（敌杀死）乳油3 000倍液，或 20% 氰戊菊酯（速灭杀丁）乳油3 000倍液防治。马铃薯的病害有晚疫病、环腐病、青枯病、黑胫病和疮痂病等。防治方法：一是在用种时选无病薯作种；二是药物防治，可采用多菌灵、甲基托布津和瑞毒霉等轮换使用，隔 15d 喷一次，连喷 3 次。对于复合群体生育期间的蚜虫和黏虫的防治一般采用亚於防治，用溴氰菊酯进行喷施，防治黏虫每亩用 5% 的来福灵的乳油 15 ~ 20ml 加水喷雾处理，要在 3 龄以前消灭。

（5）适时收获　马铃薯植株当茎叶自然落黄，干枯时，薯块发硬不再膨大，薯皮栓化，不易破时，即可收获，便于贮藏和运输；对后期加速结薯或块茎膨大的晚熟品种类型，一定要到上层茎叶全部干枯后收获，才能获得较高产量。燕麦是进入黄熟期时进行收获，当裸燕麦麦穗由绿变黄，上中部籽粒变硬，表现出籽粒正常的大小和色泽时采用机械或人工收割的方式进行收获，收获后要脱粒并及时晾晒。

4. 效益分析　林叶春（2009）在春马铃薯与双茬燕麦间作的试验结果中表明，春马铃薯间套两茬燕麦，其中，第一茬收获籽实、第二茬收割鲜草，土地当量比为 1.44。马铃薯块茎、燕麦籽实和燕麦草产量分别为 10 984.5kg/hm^2、1 151.83kg/hm^2 和 31 314.07 kg/hm^2，总经济产量较单作马铃薯增加 28.07%，显著增加了单位土地面积上的生物量。间作燕麦籽实、鲜草和粗蛋白产量分别是单作的 53.58%、57.99% 和 55.90%，间作马铃薯的产量是单作的 32.38%，马铃薯燕麦间作对燕麦籽实、鲜草及粗蛋白产量影响不大，马铃薯燕麦间作模式下，有利于马铃薯出苗和前期光形态建成；生长后期若水肥不足，影响了马铃薯结薯、薯块膨大以及燕麦的灌浆等。刘慧（2007）在内蒙古试验证明，马铃薯燕麦间作鲜草与单作相比，产量提高了 9.9%。间作增效的原因，一是间作可使这两种作物叶层结构表现镶嵌生态位互补，群体内光分布均匀，增加中层和底层光照强度，增加了群体透光率，尤其提高了群体中后期的光合作用利用效率；二是间作提高了群体干物质积累直线增长期 0 ~ 5cm 的地温，间作较单作分别提高了 0.7 ~ 9.0℃，促进了间作作物根系生长，从而显著提高了作物产量。

（四）燕麦与豌豆间作

1. 分布地区和条件　该间作模式主要分布于青海、甘肃、内蒙古、宁夏、河北北部

等冷凉地区。海拔484～1 100m。大陆性季风气候，春季干旱多风，夏季较为凉爽，昼夜温差大。常年平均气温8℃，年均降水量353.4mm，无霜期140～160d，年日照时数2 400～2 800h，≥0℃积温2 500～2 700℃，≥10℃积温1 500～1 875℃。

2. 规格和模式 该间作主要模式有3∶1模式，即3行燕麦，1行豌豆，燕麦行距30cm，两作物间距30cm，燕麦播种量131kg/hm^2，豌豆播种量30kg/hm^2；1∶2模式，即1行燕麦，2行豌豆，燕麦行距30cm，两作物间距30cm，燕麦播种量57kg/hm^2，豌豆播种量79kg/hm^2；2∶1模式，即2行燕麦，1行豌豆，燕麦行距30cm，两作物间距30cm，燕麦播种量116kg/hm^2，豌豆播种量39kg/hm^2；11∶5模式，燕麦种植11行，行距25cm，豌豆播种5行，行距30cm。

3. 技术要点

（1）精细整地 一是选择良好前茬地块。燕麦和豌豆都不耐连作，在合理轮作的基础上选择禾谷类作物作为前茬，同时要选用土层深厚、地势平坦、疏松肥沃的壤土或沙壤土。二是深耕整地，前茬作物收获后进行秋季深耕或者深翻，或者春耕整地细耙。结合耕翻每亩施农家肥4 000～5 000kg，尿素20～25kg，P肥50kg，撒施后浅耕一遍，把肥料翻入土内耙平耱细。

（2）精选良种 燕麦选用优质、高产、适应性强、抗病性强的国家或者省审定推广的品种，如品燕7号、白燕2号、坝莜1号、宁莜8号等；豌豆选用耐旱、耐瘠薄和高产的品种。播前进行种子处理，燕麦和豌豆种子播前要清选、充分晾晒、杀灭表面病菌，可用甲拌磷原液100～150g加3～4kg水拌种50kg；用乳剂拌种，可防治燕麦的黄矮病；用种子量0.2%的拌种霜或0.15%拌种灵拌种，可防治燕麦黑穗病。豌豆晒种2d，然后用40%的盐水洗种，晾干。用人工接种根瘤菌能增加根瘤数，提高结荚率，有明显增产效果。

（3）适期播种 一般在高原冷凉区域燕麦和豌豆的适宜播期在4月上中旬。选择机械或人工条播，条播行距20～30cm，株距30cm，深度以3～5cm为宜。根据降水情况，抢墒播种尤为关键。防止重播、漏播，下种要深浅一致，播种均匀，播后耱地。燕麦播种可酌情施种肥磷酸二铵111kg/hm^2（折纯P_2O_5 51kg/hm^2，折纯N 20kg/hm^2）。

（4）田间管理

①中耕除草 燕麦和豌豆生长期间一般除草2～3次。在豌豆苗株高5～7cm时或燕麦的三叶期进行一次中耕，起到灭草保墒，提高地温，促进早扎根、快扎根，保全苗的作用。也可选择三叶期化学除草，定向喷雾。第二次在蚕豆苗高10～15cm时进行，并进行培土或在燕麦4～5叶期进行中耕除草；豌豆和燕麦生长后期应进行人工除草。

②施肥和灌水 豌豆种籽蛋白质含量较高，生长期需供应较多的N素。从出苗到始花期吸收N素占全生育期总量的40%，到开花末期达到99%。豌豆的施肥以充足的有机基肥为主，重施P、K肥料，苗期可追施少量速效N肥，结合燕麦分蘖期追施52kg/hm^2，以利于诱发根瘤菌的生长和繁殖。在花荚期喷施P及B、Mn、Cu微量元素肥料。燕麦开花期分别追施尿素22kg/hm^2，在燕麦抽穗期和扬花前，用KH_2PO_3 2.25kg/hm^{2}加尿素5kg/hm^2，加50%多福合剂2kg/hm^2，加水喷施。豌豆耐旱性差，播后如遇干旱及时浇水，有利于发芽和出苗。燕麦三叶期至分蘖期灌水1次，燕麦灌浆期或豌豆花荚期需水较多，

要保持田间水分充足供应，要灌水1次。浇后铲地保墒。豌豆也不耐涝，雨多时，应及时排出积水。

③病虫害防治　燕麦复合群体主要地下害虫有地老虎、蛴螬、金针虫和蝼蛄等。可采用每亩用50%辛硫磷乳剂400～500g，3%辛硫磷颗粒1.5～2kg，拌在50kg细土或沙里，播前施入土内，播种后覆土。豌豆常见的病害有豌豆锈病、豌豆褐斑病等。锈病于发病初期喷洒65%代森锌可湿性粉剂1：500，每亩药液用量100kg，隔10d喷1次，可喷2次。对于复合群体生育期间的蚜虫和黏虫的防治一般采用化学防治，施用溴氰菊酯进行喷施。防治黏虫每亩用5%的来福灵的乳油15～20ml加水喷雾处理；豌豆象可采取氯化苦熏蒸、开水烫种等方法处理，或田间喷洒马拉磷乳剂等进行防治。

（5）适时收获　燕麦进入黄熟期时进行收获。当裸燕麦麦穗由绿变黄色，上中部籽粒变硬，表现出籽粒正常的大小和色泽时，采用机械或人工收割的方式进行收获，收获后要脱粒并及时晾晒。豌豆早熟品种80多天便可成熟。春播的在8月至9月间，茎叶枯黄色，豆荚变白，籽粒完熟后即可收获，收获宜在早晨或傍晚进行，以减少炸荚落粒损失，可分次采收。菜用制罐头用，在荚果充分膨大而柔嫩时采收最好。收获的豌豆荚果晒干脱粒后，籽粒含水量降至15%以下，经药剂熏蒸或烫种后入库贮藏。

4. 效益分析　王旭（2007）研究燕麦与豌豆间作模式结果表明，燕麦蜡熟期与箭筈豌豆枯黄期混合饲草产量和粗蛋白产量最高。所有行比处理中，以燕麦与豌豆3：1间作方式燕麦的干物质产量和粗蛋白产量最高，比单播燕麦增产40%～47%；单位面积粗蛋白产量最高，比单播燕麦增产52.6%～97.2%。土地当量比达1.5左右，土地利用率提高76%；其中，干物质产量在灌浆期比单播燕麦增产47%，蜡熟期增产40%；粗蛋白产量在灌浆期，分别比单播燕麦和箭筈豌豆增产52.6%和2.6%；在蜡熟期增产97.2%和103.2%，均显著高于单播燕麦和单播箭筈豌豆。刘慧（2007）在燕麦与蚕豆间作试验中的结果也表明，燕麦与豌豆间作株高、茎粗和叶面积指数间作群体比单作分别提高41.2%、53.1%和26.7%；鲜草单产最高的为燕麦与豌豆间作群体，与单作处理达到显著水平，并且比单作群体提高28.8%；燕麦与豌豆间作群体干草单产也最大。且间作比单作群体产量提高27.8%；且粗脂肪、粗纤维和粗蛋白含量间混作群体均大于单作群体，分别提高18.9%、31.0%和20.1%，显著改善了燕麦的质量和品质。

燕麦蚕豆间作增效的原因：一是间作可提高土地利用率，由间作形成的作物复合群体可增加对光照的吸收面积与吸收量，减少光能的浪费。二是不同作物与燕麦间作后，光照强度和透光率均较单作都有不同程度增加，地表与根系土壤温度随之增加，从而有利于作物的生长发育与干物质积累。三是燕麦与豌豆间混作时，豆科作物给禾本科作物提供了从土壤中获得较多N素的良好条件，燕麦可从土壤中部分地吸收豆科作物借助根瘤菌贮藏在根中的N素，使土壤养分和自身养分得到改善，从而提高了燕麦产量，提高了土壤利用率和增加农民收入，还提高了土壤肥力。四是间作由于群体分层分布的密度和稳定性，增强了本身的抗杂草性及抗病性，从而提高产量和效益。在间作群体利用的各年中，各层成分相互间的这种变化、更替和补充，使其产量产生互补效应。

（五）绿豆与甘薯间作

1. 分布地区和条件　绿豆间作甘薯主要分布的一年两熟区的河南、河北、山东、安徽等地。该区域年平均气温在 10 ~ 15℃，全年无霜期为 158 ~ 245d，年降水量南部为 600 ~ 1 200mm。在云南、四川、贵州的丘陵山地也有分布，在海拔 300 ~ 1 000m 的高丘（深丘）低山区。该区年平均气温 14.7℃，≥10℃积温 4 458℃，年均降水量 958.2mm，年太阳辐射总量 523.35kJ/cm^2，日照时数 2 242h，无霜期 246d 左右。

2. 规格和模式　绿豆与甘薯 1：2 种植模式，即绿豆种植 1 行于沟内，甘薯种植 2 行，行距 60cm，种植于垄上，绿豆密度 8 万 ~ 9 万株/hm^2，甘薯 6 万株/hm^2；3：1 种植模式，即种植 3 行甘薯，行距 50cm，隔两沟套种 1 行绿豆，行距 30cm；2：2 间作模式，即种植 2 行甘薯，2 行绿豆，甘薯行距 50cm，绿豆行距 30 ~ 35cm。

3. 技术要点

（1）播前整地　绿豆是双子叶植物，子叶肥大，顶土能力弱，坷垃较多，会造成严重缺苗断垄，同时，绿豆主根较浅，侧根较多，土壤板结可严重影响其根系的吸收功能。所以，对于春播间作绿豆，播前要进行精细整地，间作田在前茬作物收获以后，遇到降水量较大的雨雪天气，要立即冬耕耙地保墒，然后在 3 月下旬春耕细耙，并进行起埂，埂宽 1m，埂高 40cm。结合春耕每公顷施有机肥 22 500 kg 左右，NH_4HCO_3 750kg，钙镁磷肥 525kg。

（2）选择适宜品种和种子处理　绿豆选用生育期短、植株直立、结荚集中、成熟一致、抗逆性强、高产稳产的优良品种，如中绿 1 号、中绿 2 号、D0991 和 D0245-1 等。播前要进行晒种，以消灭表面的病菌。甘薯选用结薯早、膨大快、大田生长期较短，高产、抗旱、抗瘠薄的品种，如南薯 88、徐薯 18、福薯 87 和徐薯 18 等。在育苗前采用温水浸种，即薯种装入筐浸没 51 ~ 54℃温水中，保持 10 ~ 12min 上下提动，使薯块受热均匀，或者用 50% 多菌灵 1 000倍液浸种 10min，防治甘薯黑斑病、根腐病。

（3）培育甘薯壮苗　甘薯一般苗床育苗为 30 ~ 35d。苗床选择背风向阳，排水良好，土壤肥沃，至少两年内未种过甘薯和做过苗床的地块作苗床。用前严格消毒灭菌，并重施猪粪等农家肥，翻埋入土培肥。选种，排种要选择皮色亮、光滑、薯块较整齐均匀、无病伤、没有受冷害和湿害的作种薯，以 150 ~ 200g/块合适，并对种薯进行浸种消毒后，再放进苗床排种，大小种薯要分开排，注意分清头尾，切忌倒排，随后进入苗床管理。前期要高温催芽，即排种后“浇透水”，盖土，“拱膜保温”，前 3 ~ 4d 保持 35℃，后降至 28℃左右，然后中期平温长苗。从薯苗出齐到采苗前 3 ~ 4d 控温至 30 ~ 25℃，白天把膜两头打开或揭膜，晚上盖膜，后期揭膜炼苗，使苗老健。出苗后适当浇水，齐苗后再浇 1 次透水，采过一茬苗立即浇水，保持床面见干见湿，上干下湿。苗床追肥分次追 N 肥和人畜粪尿为主，如果追尿素，每次每 10m^2 不超过 0.25kg，加水淋施。

（4）适期高质量播种和栽插　在春薯种植区，绿豆在甘薯栽秧前于 4 月 15 日前后播种，也可在 5 月上旬随甘薯栽秧同期播种，但是晚不宜迟于 5 月 15 日。绿豆条播，株距 10 ~ 15cm，单株留苗；点播穴距 30 ~ 50cm、每穴 2 ~ 3 株，每亩留苗 3 500 ~ 4 000株。在三熟区可以在前茬作物收获后（菠菜收获），或前茬生育后期栽种 2 行甘薯，6 月初麦收

后及时播种两行或一行绿豆，小行距33cm，株距13cm。甘薯可采用斜栽法，薯苗剪截成3～4节，下部入土较深，不易受干旱，易成活，中层节位分布在适于结薯的土层，结薯较大；干旱年份或易受干旱的坡瘠瘦地，宜采用直栽法，入土节数3～4个，薯苗下部入土较深，易成活。栽插后靠窝旁用猪粪尿500～1 000kg/亩淋苗，栽插前用2 000～4 000倍液浸薯苗基部3min，浸后及时栽插，可以有效防治甘薯病害。

（5）田间管理

①间苗定苗　绿豆在第一片复叶展开前适当间苗，有利于通风透光，合理利用土地、养分和空间；第二片复叶展开后定苗。

②中耕除草　绿豆进入苗期，尤其是雨季来临后，杂草生长速度快，地面易板结。要及时中耕除草，一般要两铲三趟，避免伤苗、伤根，以疏松土壤，减少蒸发，消灭杂草，增加土壤通气性，促进绿豆生长发育。

③合理施肥　在绿豆开花前追施少量N肥，或者甘薯栽插后30～40d，每亩施N 5kg左右，也可在花期或者薯块膨大阶段的后期，即栽插后60d左右，结合防病治虫喷施0.4%的KH_2PO_3和2%尿素混合液，以增加叶片功能，延长叶龄，提高光合作用效能，促进营养物质的运转。

④地下害虫的防治　在播种前采用50%辛硫磷乳剂150～200g，拌细土15～20kg，撒布地面，可触杀土内或土表的蝼蛄、金针虫、蛴螬等多种害虫。或用90%晶体敌百虫1 000～1 200倍液浸薯苗1min，防治地下害虫。在绿豆和甘薯生长期内，对于绿豆发生的叶斑病可用50%多菌灵或苯来特1 000倍液防治，也可用80%代森锰锌400倍液防治。白粉病用75%百菌清500倍液或25%粉锈宁2 000倍液喷雾防治。绿豆中后期发生蚜虫和红蜘蛛，可用一遍净每公顷120～225g，配成2 000～3 000倍液防治蚜虫。利用甲氰菊酯1 000～2 000倍液防治红蜘蛛等害虫。

（6）适时收获　绿豆开花结荚是由下向上顺序进行，荚果也是自下而上渐次成熟，成熟期不一致。成熟的豆荚易爆裂，籽粒易脱落，应视成熟情况随熟随采收。一般植株上有60%～70%的荚成熟后，开始采摘，以后每隔6～8d收摘一次，效果最好。种植面积大的则需一次收获，应以绿豆全田植株荚果2/3变成褐黑色为适时收获的标志。收获应在早晨和傍晚进行。甘薯虽然没有明显的成熟标志，但也不能拖延太长，一般以不延误下茬秋播作物（如绿肥、小麦等）的播种农时，同时，地温不能低于18℃，一般以霜降时节前后收获合适，以保证甘薯不遇霜冻冷害。

4. 效益分析　马庆华（1996）在豫西丘陵地区试验结果表明，单作甘薯亩产996kg，单作绿豆亩产130.8kg。薯豆间作，亩产甘薯1 938kg，绿豆57.2kg。按市场价甘薯0.14元/kg，绿豆1.50元/kg，单作甘薯亩收益279.44元，单作绿豆亩收益196.20元，薯豆间作每亩收益357.12元，比单作甘薯每亩多收77.68元，比单作绿豆每亩多收160.92元。试验证明，薯豆间作比甘薯、绿豆单作效益高。李友军（1995）试验结果也表明，甘薯//绿豆2∶1埂栽，甘薯产32 910kg/hm^2，比单作甘薯减产634.5kg/hm^2，但多收绿豆867kg/hm^2，产值比单作甘薯增加1 606.95元/hm^2，比单作绿豆增加5 490元/hm^2，土地当量比比单作提高59.47%。同样，宽窄行2∶1平栽，虽比单作甘薯减产1 899 kg/hm^2，但多收绿豆910.5kg/hm^2，产值比单作甘薯增加1 440.9元/hm^2，比单作绿豆增加5 323.95元/hm^2，土

地当量比比单作提高58.78%。在伊川县4.3万hm^2大田示范结果也表明，甘薯绿豆2∶1间作栽培增加收入340万元，取得了明显经济效益和社会效益。同样在河北省卢龙县生产示范2 713亩，平均每亩产鲜薯2 688.5kg，绿豆54～68kg，菠菜750～1 000kg，产值达1 136～1 448元。甘薯绿豆合理间作，基本上可以保证甘薯不减产或少减产，达到多收绿豆，增加产值，提高土地和光能利用率的目的。在河北省推广示范结果显示，绿豆甘薯间作平均增加817.5元/hm^2，净增产值6 086.25万元，土地当量比提高50%以上。由此可见，甘薯绿豆间作不仅能提高土地利用率，而且也能增加单位面积土地产值，是一种高产高效种植模式，特别适宜在干旱、半干旱地区大面积推广应用。

第二节　粮经间作

一、以玉米为主体的粮食作物与经济作物间作

（一）玉米与大豆间作

1. 分布地区和条件　玉米//大豆分布面积非常广泛，主要分布在黄淮海平原的河南、山东、河北、安徽、山西、湖北等地。该区域年均气温8～14℃，≥0℃积温为4 500～5 500℃，无霜期较长，为175～220d，光照充足，年日照为3 000～3 500h。春季日照条件好，气温回升快，相对湿度低，7～8月光、热、水同季，有利于作物生长，特别有利于喜温作物玉米的生长。该区年降水量550～1 200mm。在中国西南山地和丘陵地区一年两熟或三熟区（云南、四川、贵州等）也有广泛分布。该区海拔1 700m左右，属低纬度山地季风湿润气候，年降水量1 632mm，多集中在6～9月份，年均温16.1℃，无霜期296d。在东北的一年一熟区，该间作模式也有分布。

2. 规格和模式

（1）2∶2模式　玉米2行，大豆2行。玉米行距40cm，大豆行距30cm，间距42cm，幅宽40cm。在前茬作物预留的空当内套种玉米，并预留出大豆的种植空当，待前茬作物收获后在预留的空当内，按照大豆的行距和间距种植大豆。

（2）4∶3模式　玉米4行，大豆3行。玉米行距60cm，大豆行距30cm，间距40cm。

（3）4∶2模式　玉米4行，大豆2行。玉米幅宽99cm。大豆行距33cm，间距49.5cm。玉米宽窄行种植，宽行66cm，窄行33cm，留132cm的宽行种2行大豆。大豆株距9.9cm，密度为每公顷75 000株。

（4）2∶3模式　玉米2行，大豆3行。玉米行距40～50cm，绿豆行距30cm。麦收前15d在畦埂上种2行玉米，株距30cm，密度为每公顷37 500株。麦收后抢墒播种3行大豆，株距10～15cm。

3. 技术要点

（1）播前整地　在一年一熟区，在玉米大豆播种前要通过犁耙作业进行整地，在翻耕后进行旋耕机耙平，保证土地平整，上松下实，同时，每公顷施入颗粒有机肥1 800kg，

三元复合肥 750kg，或者纯 N 619kg，K_2O 316kg，P_2O_5 316kg。在黄淮海一年两熟地区，由于小麦收获和玉米大豆播种处于三夏大忙季节，时间紧，任务重，气温高，跑墒快，多用灭茬机灭茬后，用缺口耙或旋耕机耕耙两遍，使土壤达到松、碎、平，然后做畦。为了争取早播，麦收前将有机肥送到地头，蓄足底墒水，收麦后立即施肥、整地。

（2）选用良种　首先要根据当地的生态条件选用合适的品种。在生长发育期间积温较少，日照充足，应选择光合作用效率高，灌浆速度快，生育期较短的紧凑型、中早熟玉米品种。相反，在一些生长季节较长，气温较低，易发生病害的地区，要选用生长期较长，增产潜力大，抗病、抗倒的中晚熟玉米品种。大豆作物也应根据类似的原则选择品种。根据产量水平选择合适的品种，高产区，水肥条件较好，土壤肥力较高，玉米要选用耐肥水、耐密植、抗倒、抗病、增产潜力大的杂交种。豆类作物品种可以选用一些植株高大、直立型和无限结荚习性的品种，充分发挥其自身增产优势。在一些肥力较差、干旱的地区，要选择抗旱性强、耐贫瘠、稳产的杂交种；大豆作物也要选用耐旱、抗逆性强的品种。

（3）种子处理　玉米种子一般选用包衣种子，对未包衣的种子要进行晒种、药剂拌种。大豆播前要对种子进行精选，将杂籽、病籽、破籽、秕籽去除，选留饱满整齐、光泽好的种子，并进行晒种和浸种。一是采用根瘤菌拌种，将根瘤菌剂倒入相当种子重量的1.5% ~2%的清水中，搅拌均匀后，将菌液喷洒在种子上，充分搅拌种子，待阴干后进行播种。二是钼酸铵拌种，用钼酸铵 20 ~30g，先用少量温水使钼酸铵溶解，再加水 0.7 ~1kg，制成1% ~2%的溶液，用喷雾器喷在50kg 种子，边喷边拌，待搅拌均匀后，晾干播种，注意拌 Mo 肥忌用铁器。三是药剂拌种，用40%的乳剂 50g 加水 1 ~2kg 喷于 30kg 豆种上进行拌种，防治地下害虫和线虫病，也可用种子重量的 0.5% ~1%的甲基硫环磷拌种。

（4）适时高质量播种　在一年一熟春播区，根据玉米大豆适宜的地温进行播种，一般适宜播种玉米的时期为 4 月下旬和 5 月初，玉米和大豆同时播种，播种时可以选择机播或者人工耧播。在一年两熟或三熟区，在前茬作物收获后播种或者收获前的 7 ~10d 进行套种，玉米大豆可以同时播种，一般直播在 6 月上旬，套种在 5 月下旬。玉米播种时，同时施用占总施肥量的 5%的种肥，种子与肥料要隔开。

（5）田间管理

①中耕除草　在玉米、大豆播后苗前，选用玉米、大豆通用除草剂进行化学封闭除草，或及时用 50%乙草胺乳油1 200 ~ 1 500ml/hm^2 加水 750kg/hm^2，倒退均匀喷施地表。要严格按使用说明进行操作。玉米拔节后，玉米苗带内如有杂草，可用除草剂近地面定向喷雾防治，大豆带不能施用，同时，也可以采取大豆出苗时浅中耕，破除板结，在玉米 5 叶期进行深耕除草或者人工拔除大草。

②查苗补缺，间定苗　大豆玉米出苗后应及时查苗补缺，并及时间定苗，缺苗要及时补种或者进行移栽，补种时刻提前进行催芽；玉米间苗在 3 叶期，定苗在 5 叶期，间苗、定苗应在晴天下午进行，便于淘汰生长发育不良的苗和感染病害或者遭受虫害的幼苗。定苗时，尽量留叶数一致，高矮相当、粗细一致的壮苗。

③施肥和浇水　玉米全生育期追肥两次，一次在拔节期，仅玉米种植区域追施尿素

200kg/hm^2，第二次在大喇叭口期，追施尿素300kg/hm^2。为提高施肥效率和肥料利用率，追肥后及时浇水。对于后期脱肥的玉米田块，可以在玉米花粒期补施粒肥，尿素75kg/hm^2或$NH_4HCO_3$225kg/hm^2，以促进后期籽粒灌浆。大豆可在初花至盛花期用多效唑15kg/hm^2加水750kg/hm^2，或用0.05%钼酸铵溶液450～600kg/hm^2进行叶面喷施。在开花结荚期，追施尿素60～90kg/hm^2，叶面喷施0.3%～0.5%的KH_2PO_3溶液450～600kg/hm^2，每10d喷施1次，连续喷施2～3次，增加干物质积累。若遇天气干旱，要浇好开花、结荚、鼓粒水，减少花荚脱落，提高荚粒数和粒重；遇连阴雨及时排水防渍。

④病虫害防治　首先防治玉米螟。可在拔节至大喇叭口期用50%辛硫磷乳油500倍液对心叶丛喷雾；防治蚜虫可用10%吡虫啉可湿性粉剂150g/hm^2加水225kg/hm^2喷施。其次对玉米大小叶斑病可用40%克瘟散乳剂800～1 000倍液，或用75%百菌清可湿性粉剂800倍液喷施进行防治，每7～10d喷施1次，连续喷施2～3次；对玉米粗缩病防治，加强田间管理，做好药剂拌种；对灰飞虱用10%吡虫啉150g /hm^2加水225kg/hm^2喷雾，及时进行防治以减少病毒传播，在发病初期用1.5%植病灵乳油800～1 000倍液，或20%病毒A可湿性粉剂500倍液喷雾，每隔7～10d喷施1次，连续喷施2～3次。对大豆食心虫、豆荚螟和豆天蛾，于花荚期用4.5%高效氯氰菊酯750ml/hm^2或40%辛・氰乳油750～900ml/hm^2加水450～600kg/hm^2喷雾防治。对大豆紫斑病、霜霉病，用75%百菌清可湿性粉剂600倍液，或70%甲基托布津可湿性粉剂800倍液，每隔7～10d喷施1次，连续喷施2～3次进行防治。

（6）适时收获　粒用玉米一般在完熟中期收获产量最高。以籽粒乳线消失作为籽粒生理成熟的标志。适时收获是实现大豆丰收的最后一环。大豆收获适期应是黄熟末期到完熟初期，此时，茎、荚全部变黄色，籽粒变硬，荚中籽粒与荚皮脱离，摇动植株有响声。大豆收获宜在晴天早晨收割，收后将豆棵晒干脱粒，待籽粒含水量降到12%左右时，可入仓贮藏。

4. 效益分析　梁泉等（2004）在云南试验，总产量最高的为玉米大豆2∶2间作，其次是玉米净种，再次是玉米大豆2∶4间作，大豆净种的总产量最低。当玉米与大豆2∶2间作时，玉米大豆复合产量比玉米净种时增产5.7%，间作比例为2∶4时，玉米大豆复合产量比玉米净种时减产7.1%。当玉米与大豆的间作比例分别为2∶2和2∶4，其各自的土地当量比分别为1.49和1.51，表明玉米与大豆以不同比例间作形成的复合群体对土地资源的空间利用效率要比各自相应的单一群体高。说明在玉米大豆间作复合体系中，通过复合群体结构的合理布局与调整，实施适宜的间作比例和种植密度可以提高复合体系的总产量。从总产值和纯收入来比较，以玉米与大豆2∶2间作为最高，总产值达894.38元/亩，分别比玉米净种、大豆净种增27.4%和103.8%，纯收入为558.05元/亩，分别比玉米净种、大豆净种时增102.6%和180.4%。两种种植模式获得了最高的投入产出比（1∶2.77）和每工日纯收入（44.82元/d），分别较玉米净种和大豆净种增加67.9%、51.4%和160.4%、125.1%。在综合考虑生产费用和用工量的前提下，玉米与大豆2∶2和2∶4间作的种植模式的总体效益仍是最好的。董艳（2000）在河北沧州试验结果也表明，玉米、大豆间作种植与玉米单一种植相比较，在玉米单产不降低的情况下，可增加大豆产量650～700kg/hm^2，按2010年沧州市场价格大豆6元/kg计算，实现增效3 900～

4 200元/hm^2。

间作产量优势的作物生态基础主要有以下几个方面，第一，地上部光、热资源的充分利用。玉米大豆间作组成的复合群体具有较大的生产潜力，首先是玉米大豆间作实现了高矮搭配立体种植，能充分利用光能，玉米可以利用上部较强的光照，而大豆则可以有效利用在玉米拔节前的地表的太阳光能，同时，玉米也充分发挥了高秆作物的边行优势效应，因此，该间作模式更易获取比单一种植更高的产量。第二是该间作模式中，地下根系分布层次不同。玉米为须根系，根量大而且相对分布浅，大豆为直根系，根深而量少，这样两者在养分利用空间上有优势。试验结果证明，玉米、大豆间作与各自的单作相比促进了两者在各层土壤中地下根干质量的增加。同时，间作的玉米、大豆根冠比都明显高于单作，在20～40cm土层中，与单作相比，间作玉米比根长比单作增加45.2%；间作大豆比根长比单作增加25.3%，40～80cm处间作玉米比根长比单作增加41.4%，而大豆比单作增加33.1%。第三是地下水分和养分的资源利用增加。玉米需肥量大，当玉米与大豆间作时，玉米对N的需求和竞争能力要远高于大豆，玉米能从大豆固定的N中获得部分N，以满足其生长需要，从而使大豆根区土壤N素水平下降，而缺N会有利于大豆固N能力的提高，从而使整个系统的吸N量明显增加。而且，玉米与不同类型大豆间作的优势差异还来源于对土壤P吸收的差异。

（二）玉米与花生间作

1. 分布地区和条件 玉米与花生间作分布面积也非常广泛，主要分布在黄淮海平原的河南、山东、河北、安徽、山西、湖北等地。该区域年均气温8～14℃，≥0℃积温为4 500～5 500℃，无霜期较长，为175～220d，年降水量550～1 200mm，光照充足，年日照为3 000～3 500h。春季日照条件好，气温回升快，相对湿度低。7～8月光、热、水同季，有利于作物生长，特别有利于喜温作物玉米的生长。另外，在一年一熟区也有种植。

2. 规格和模式

（1）2：2模式 即2行玉米，2行花生。玉米行距40cm，株距30cm；花生行距40cm，株距20cm。

（2）2：4模式 即2行玉米，4行花生。玉米行距40cm，株距30cm；花生行距40cm，株距20cm。

（3）2：6模式 即2行玉米，6行花生。玉米行距40cm，株距30cm；花生行距40cm，株距20cm。

（4）2：8模式 即2行玉米，8行花生。玉米行距40cm，株距30cm；花生行距40cm，株距20cm。

3. 技术要点

（1）播前准备 选地整地。选择地势平坦、土层深厚、土质肥沃、保水保肥的沙壤土地为好。用缺口耙或旋耕机耕耙2遍，播前镇压1遍，保证土地平整，上松下实，避免种子播后落干。结合耕地采用配方施肥技术，每亩施颗粒有机肥120kg（折合N 8.4kg，P_2O_5 3.6kg，K_2O 6kg），或者用优质农家肥4 000kg，同时，施入三元复合肥50kg（折合N 5kg、P_2O_5 7.6kg、K_2O 8.5kg）。由于花生根部根瘤菌有固N作用，每亩固N约6kg，这

样基本保持了 N、P、K 的平衡，播前作底肥一次施入。

（2）精选种子　花生要选择粒大饱满、整齐一致的果实、抗病性强的品种。种子经过精选后可采用药剂和生物菌肥拌种处理，可采用钼酸铵或者固 N 菌拌种，用钼酸铵 20～30g，先用少量温水使钼酸铵溶解，再加水 0.7～1kg，制成 1%～2% 的溶液，用喷雾器喷在 50kg 种子，边喷边拌，待搅拌均匀后，晾干播种，注意拌 Mo 肥忌用铁器。根瘤菌拌种是将根瘤菌剂倒入相当种子重量的 1.5%～2% 的清水中，搅拌均匀后，将菌液喷洒在种子上，充分搅拌种子，待阴干后进行播种。也可用 50% 多菌灵可湿性粉剂按种子量的 0.3% 拌种，可以防治花生茎腐、黑霉及叶腐等病害。玉米选择高产、优质、抗倒、抗病的耐密型品种，种子要选择包衣种子。

（3）适期播种　一般春播区播种时间以地温 12℃以上，气温稳定在 15℃以上，没有低于 5℃的天气为宜。也可采用地膜覆盖方式提早在 4 月下旬播种花生；玉米一般在花生苗期结束进行播种，播种时间在 5 月中下旬。在一年两熟夏播区，玉米花生可同时播种。

（4）田间管理

①及时查田补苗　花生和玉米出苗后应及时查苗补缺，缺苗应立即催芽补种，或者进行育苗移栽。发现花生子叶顶膜时，要及时引出膜外，避免烧苗。

②中耕除草　播后苗前可采用化学除草，每亩用 90% 乙草胺乳油 112.5～140ml + 75% 噻吩磺隆水分散剂 2.5～3g，加水 60kg 均匀喷雾。待苗出齐后，要进行清棵蹲苗和中耕除草。中耕除草的主要作用是壮棵早发，旱时中耕能切断土壤毛细管，防止土壤水分蒸发，保墒防旱，有利于幼苗茎枝分生发展；涝时中耕能打破土壤板结层，增强土壤通透性、散墒提温，有利于根系深扎，壮苗促长，同时，中耕能清除田间杂草。一般要中耕 1～2 次。

③间定苗　玉米间苗在 3 叶期，定苗在 5 叶期。间苗、定苗应在晴天下午进行，便于淘汰生长发育不良的苗和感染病害或者遭受虫害的幼苗。定苗时尽量留叶数一致，高矮相当、粗细一致的壮苗。

④施肥和浇水　玉米全生育期追肥两次，一次在拔节期，仅玉米种植区域面积追施尿素 $200kg/hm^2$，第二次在大喇叭口期，纯面积追施尿素 $300kg/hm^2$。为提高施肥效率和肥料利用率，追肥后及时浇水。对于后期脱肥的玉米田块，可以在玉米花粒期补施粒肥，尿素 $75kg/hm^2$ 或 NH_4HCO_3 $225kg/hm^2$，以促进后期籽粒灌浆。花生从结荚后期开始，每隔 10～15d 叶面喷施一次 2%～3% 的过磷酸钙和 1%～2% 的尿素混合水溶液，共喷 2～3 次，如水肥过多枝叶繁茂而早衰，可喷 0.2%～0.3% KH_2PO_3 或 2%～3% P 肥 3 次，维持叶片功能，防止早衰。

⑤病虫害防治　首先防治玉米螟。可在拔节至大喇叭口期用 50% 辛硫磷乳油 500 倍液对心叶丛喷雾；防治蚜虫可用 10% 吡虫啉可湿性粉剂 $150g/hm^2$ 加水 $225kg/hm^2$ 喷施。其次对玉米大、小叶斑病可用 40% 克瘟散乳剂 800～1 000倍液，或用 75% 百菌清可湿性粉剂 800 倍液喷施进行防治，每 7～10d 喷施 1 次，连续喷施 2～3 次。玉米和花生地下害虫采用播种沟施药防治，用 5% 特丁硫磷颗粒剂 2.7kg，甲拌磷颗粒剂 2kg 防治，同时对苗期的蚜虫、蓟马等也有较好的兼治效果。结荚期注意防治叶斑病。可用 50% 多菌灵可湿性粉剂1 000倍液、80% 大生 400～500 倍液、25% 戊唑醇水乳剂1 000 倍液、5% 己唑醇

1 000倍液，每相隔 10～15d 喷一次，病重的喷 2～3 次。对于花生蛴螬为害可采用趁雨前或雨后土壤湿润时，每亩用 10% 辛硫磷粉粒剂 1kg 等内吸触杀多作用药剂，施于花生主根土表上，可彻底防治来此产卵的金龟子和为害荚果的蛴螬，同时，可兼治金针虫等地下害虫。选用 2. 5% 抑太保、卡死克乳油 1 000倍液 50% 灭多威乳油 1 000倍液、1. 8% 阿维菌素乳油 2 000倍液等防治棉铃虫。

（5）适时收获　粒用玉米一般在完熟中期收获产量最高。以籽粒乳线消失作为籽粒生理成熟的标志。花生适时收获很重要，如果收获过早，籽粒干瘪，百果重量减少；如果收获过迟，籽粒在适宜土壤中会破壳发芽，不能达到丰产丰收效果，所以，一般根据花生生育期的天数，观察植株成熟的特征。花生最佳收获期在生长点停止生长、上部叶片变黄色、下部叶片脱落、种皮呈现淡粉红色，时间在 9 月下旬至 10 月初。收获后，严禁大堆而造成花生霉变，严禁着雨过水，确保花生黄曲霉含量不超标，要做到及时晾晒脱水，并进行荚果分选。

4. 效益分析　姜学平等（2003）试验结果表明，花生单作，平均亩产量 225. 7kg，每千克花生按 3. 2 元计算，纯收益 437. 2 元，花生秧作为中药材原料，平均亩产 200kg，每千克按 1 元计算收益 200 元，共收益 637. 2 元。花生玉米间作种植，每亩玉米实际播种面积 0. 5 亩，产玉米 300kg，每千克玉米按 0. 9 元计算，收益 270 元，玉米秸作为优质饲草收益 20 元，共收益 290 元。花生玉米间作每亩总纯收益 927. 2 元，高出两者单作。在河南和山东试验结果表明，玉米花生不同比例间作均比单作产量增加显著，最适宜的 2∶6 行比模式间作比净种玉米增产 366kg/hm^2，比净种花生增产 2 860. 5kg/hm^2。玉米花生间作后，土地当量比增加，土地利用率提高。从经济效益分析看，所有间作处理的产值均比单作玉米高，平均每公顷高出 3 144. 3元，增加幅度为 35. 7%，从产投比来看，随着行比的增加，产投比越来越高。焦念元等（2007）在山东试验结果也证明，玉米花生间作与单作玉米相比，间作玉米提高了叶面积指数，单株干物质积累增加，减少了干物质向茎秆和叶片的分配，促进干物质向籽粒转移，产量提高了 38. 47%～59. 65%，收获指数提高了 0. 72%～3. 02%。由此可见，玉米花生间作效益明显，尤其在缺 Fe 的土壤上，间作的根际作用显著改善 Fe 营养，使 Fe 的吸收效率提高了 68. 7%～97. 7%，因此，间作花生产量不仅没有降低，反而比单作提高，在缺 Fe 土壤上间作改善 Fe 营养效应对群体产量提高的贡献率占 70. 4%。

综合分析玉米花生间作的效益高的原因，第一是玉米花生高低作物间作，改变了光在群体中分布特点，实现了作物对光的分层、立体利用，改善群体光照度，实现了高光强下玉米光合作用速率的提高，低光强下花生光能的吸收和转化效率的提高，这也正是玉米花生间作复合群体对光高效利用的关键之一。第二是间作后发挥了玉米的边行优势。间作后花生群体中，CO_2 含量和风速加大，且随着花生行比的增加，群体内的光照强度和光分布状况逐步好转，而花生开花下针时期，对田间湿度要求较高，花生果针入土的快慢，受大气湿度影响很大，湿度大时则下针快，在这个时期玉米生长高度已远超过花生，充分起到了遮阳的作用，调节了田间小气候，减少了地面蒸发，从而建立一个互补共荣的生态空间。间作生态因子的改变引起了植株内部生理特性的变化和农艺性状，使玉米群体叶片的叶绿素含量和物质生产量明显升高，利于花生在这个时期的生长发育。第三是间作群体提

高养分、水分利用率。花生带采用地膜覆盖，能保墒增温，在花生带间种植玉米可大大避免养分、水分的流失，且玉米植株生长发育迅速，高度很快超过花生植株，从表面看，玉米在和花生争夺养分，但从其生长发育特点分析，玉米根深入土壤较深，这样使不同层次土壤养分得到充分利用，提高了养分、水分的利用率，减少损耗，达到优、劣势互补的效果。因此，玉米花生间作保证了玉米增产的优势，同时增加经济效益，是较为理想的种植模式。

二、以小麦为主体的粮食作物与经济作物间作

（一）小麦与棉花间作

1. 分布地区和条件　该种植模式主要分布在黄淮地区的河南、山东、河北、安徽、湖北等地。该区域年均气温 8～14℃，≥0℃积温为4 500～5 500℃，无霜期较长，为175～220d，年降水量550～1 200mm，光照充足，年日照为3 000～3 500h。春季日照条件好，气温回升快，相对湿度低。7～8 月光、热、水同季，有利于棉花生长。

2. 规格和模式　多采用局部低畦的种植方式。高畦种棉花，低畦种小麦，主要种植模式如下。

（1）3∶2 模式　即 3 行小麦，2 行棉花。间作带宽 150cm，小麦行距 20cm，麦棉间距 33cm，棉花行距 45cm，棉麦间距不小于 33～35cm。高畦种 2 行棉花；低畦种 3 行小麦。

（2）4∶2 模式　即种 4 行小麦，2 行棉花。间作带宽 170cm，小麦行距 20cm，麦棉间距 33cm，棉花行距 45cm，棉麦间距不小于 33～35cm。高畦种 2 行棉花；低畦占地 60cm 种 4 行小麦。

（3）3∶1 模式　即 3 行小麦，1 行棉花。间作带宽 110cm，小麦行距 20cm，麦棉间距 35cm，棉花行距 45cm。高畦种 1 行棉花；低畦种 3 行小麦。

（4）6∶2 模式　即 6 行小麦，2 行棉花。间作带宽 220cm，小麦行距 20cm，麦棉间距 30cm，棉花行距 50cm。高畦种 2 行棉花；低畦种 6 行小麦。

3. 技术要点

（1）播前精细整地　在前茬作物收获，在土壤适耕时立即进行犁耙埋肥处理，耕作深度 25～30cm，并且耙耱平整，并按既定的间作模式和要求的行距，插标划线，将预留的棉行起垄，搂成鱼背形垄，实行高低垄作种植。在整地时结合一次性施入全部的基肥，一般每亩施入厩肥或者堆肥4 000～5 000kg，P_2O_5 20kg，K_2O 肥 20kg，并浇灌底墒水。

（2）选择优良品种　麦棉间作种植时小麦应选株型紧凑、品质优良、春性强、适合晚播早熟的品种，矮秆高产、抗病抗倒伏能力强的品种，可减轻棉行隐蔽，增强棉花光照时间和光照强度。播前种子要进行精选并且要进行晒种，翻晒 2～3d，用于杀灭病菌，或者选用小麦专用型的种子包衣剂进行处理。棉花品种一般选用高产抗病优质的品种，播前要精选，并进行种子处理或药剂拌种，或者采用棉花种子包衣剂处理，防治地下害虫和病害。

（3）适期高质量播种　春性小麦一般选择在 11 月初播种，基本苗 15 万～20 万株/

亩。可采用精量机械播种，播种时要做到播行直，下籽粒均匀，播种深浅一致，覆土良好。棉花选用中熟品种，密度与单作相同，每亩留苗不低于3 500株。

播收日期一般在5cm地温稳定通过12℃时即可播种，覆膜则可以适当提前播种日期。播种方法可采用直播，即在预留的套种行上开沟播种，播后覆土镇压。也可采用育苗移栽机提前进行育苗，当长到3～4片真叶时进行移栽，通常在翌年的4月底到5月初，移栽时要做到营养钵带肥、带药、带水移栽，同时，移栽时大小苗要分开，保证田间苗整齐一致。

（4）加强田间管理　由于小麦棉花间作群体的共栖期主要在小麦生育后期，因此，管理的主要措施如下。

①中耕除草　在棉苗出齐或者移栽后一定时间，要进行中耕除草，破除板结，疏松土层，促进根系下扎。另外在小麦收获后要及时灭茬中耕，在花蕾期结合中耕进行培土，促进根系纵向伸展，控制徒长。

②灌水　在两者的伴生期内，天气炎热干燥，需要及时补墒灌水。小麦拔节至孕穗期小额灌水，每亩40m^{3}水，为棉花播种造底；在小麦抽穗至灌浆期进行灌水，可以达到一水两用，灌溉额度为40～50m^3/亩，顺着小麦沟进行灌水即可。另外，棉花进入蕾期后要适时供水，保证该时期对水分的需求，在花铃期遭遇干旱，要及时补充水分，防治棉花后期由于干旱而早衰。

③科学施肥　在小麦抽穗至灌浆期间，若叶色变淡，可以采取每亩喷施50～70kg的2%～3%的尿素溶液，或者0.3%～0.4%的KH_2PO_3溶液，同时，在麦收前一周结合浇水给棉花追施提苗肥，施用$(NH_4)_2SO_4$或者尿素75kg/hm^2。在小麦收获后及时灭茬追肥。在棉花蕾期稳施、巧施蕾肥，中等肥力地块每亩施用尿素10kg，花铃肥要重施，每亩施用$(NH_4)_2SO_4$15kg，在棉花生长的后期要补施盖顶肥5kg/亩，也可以叶面喷施2%～3%的尿素溶液，或者磷酸钙溶液。

④棉株管理　棉花现蕾后要及时整枝去叶，改善田间通风透光，对徒长明显的植株可以酌情去掉第一果枝下面的主茎叶片1～2片，或在盛蕾期每亩用1～1.5g缩节铵，加水30kg喷雾，抑制徒长。另外，要打顶、打边心，抹赘芽，打老叶、剪空枝。一般在早霜来临前80～90d打顶较为合适，打顶打去一叶一心。

⑤病虫害防治　麦棉间作群体病虫害严重。一般小麦后期常有锈病、白粉病、赤霉病等，虫害有黏虫、蚜虫、吸浆虫。可用抗蚜威和菊酯类防治害虫，用多菌灵和粉锈宁防治白粉病和锈病。但间作棉田由于麦田的荫蔽，棉花苗期地下害虫和病害比较严重，如棉蚜、地老虎，可以采用低毒药剂防治或者用毒饵诱杀地老虎等。田间释放瓢虫防治棉蚜。苗期的病害如褐斑病、立枯病、炭疽病等比较严重，可采用25%的多菌灵1 000倍液或者1∶1∶2 000倍液的波尔多液防治，同时，要注意及时清沟排渍、勤中耕、早施苗肥、清理前茬等措施也可以有效防治病虫害。

⑥抗御小麦干热风　在小麦抽穗至成熟期发生干热风时，常采用麦收前10d浇灌麦黄水，或者后期喷洒0.3%的KH_2PO_3或800～1 000倍液的助长剂，可以有效抗御干热风。

（5）适时收获和采摘　小麦蜡熟末期是收获时期，此时茎秆、叶片变黄色，90%以上的穗子稃壳全部失绿而变黄绿色，籽粒蜡质硬化，可以采取机械化收获。棉花一般要求

大部分棉株已有1～2铃吐絮，即可以采摘，以后每隔7～10d采摘一次，若早霜降临。棉铃尚未吐絮结束，要拔棉株腾茬，让棉铃风晒裂开。也可以选择集中采摘。

4. 效益分析　在山东高密县调查的21.1hm^{2}棉麦两熟用地比例为1∶2.5，其中，粮田6.04hm^2，棉田15.1hm^2，按每公顷效益分析，棉麦两熟净收入共计176.4万元。若单一种植则6.04hm^{2}粮田（小麦—玉米两熟）净收入1.0037万元，15.1hm^{2}纯作棉田净收入9.117 8万元，合计为10.121 6万元。实行棉麦两熟比粮田两熟和单作棉田，增加效益16 431.51元，每公顷增777.5元。而且粮食总产增加13586.5kg，棉花总产增加2 037.75 kg。该模式在河南一般每亩产小麦400kg，皮棉80kg，每亩产值达2 000元以上，效益可观。在河南扶沟试验也表明，整个试验周年平均净产值16 746元/hm^2，其中，小麦约占20%，棉花占80%，效益高出单作。分析其效益原因：一是小麦棉花形态互补，小麦属于须根系，根系分布浅，一般在30～60cm，棉花根系是直根系，分布范围较深，苗期主根入土30cm以下。另外，小麦茎细中空，分蘖集中，在田间窄行密播，群体形成均匀细密的波浪状外貌，而棉花茎粗大，分枝松散，在田间宽行稀植，形成参差不齐的松散状外貌。二是生育期互补，小麦棉花间作群体的生育期前后互补，相互交错，伴生期间棉花根浅苗小，小麦生长旺盛茎秆达到最大高度，两者旺盛生育期相距甚远，干扰较小，因此，有利于两者充分发挥各自优势，提高产量和经济效益。三是发挥边缘优势，在麦棉间作群体小麦边行优势在水、肥、气、热等条件比群体内优越外，边行的光照强度、光照时间增加，温度也会升高，这些因素在春季均有利于小麦的生长发育和产量形成，有利于形成高产群体。而棉花此时苗小受影响程度较小，且棉花的边行劣势可以通过带状间作减轻影响。四是土壤肥力持续性。麦棉间作群体具有良好的物质循环与养地作物有关，棉花属于半养地作物，因为棉饼和秸秆能够还田，但小麦属于耗地作物，因此两者间作易于保持土壤养分投入与输出的平衡，保证了土壤肥力的持续性。五是有利于天敌繁衍，麦棉间作有利于天敌的繁殖，如蜘蛛、瓢虫、食虫蝽和草蛉等天敌数量远远高于单作棉田。

（二）小麦与油菜间作

1. 分布地区和条件　小麦油菜间作主要分布在四川、云南、贵州。海拔高度1 000～2 000m。年平均气温8～14℃，年降水量650～900mm，年日照2 700～3 000h。另外，在山东、陕西关中西部部分地区也有分布。该区域海拔为519～781m。年降水量589～602mm，年日照2 082～3 262h，≥0℃积温4 200～4 800℃。

2. 规格和模式

（1）3∶1间作模式　3行小麦，1行油菜。小麦行距20cm，油菜距小麦20cm，株距5cm。

（2）8∶2间作模式　8行小麦，2行油菜。小麦行距为20cm，油菜行距为40cm，油菜与小麦之间的间距为40cm。

（3）9∶2间作模式　9行小麦，2行油菜。小麦行距20cm，油菜行距40cm，油菜与小麦间距40cm。

3. 技术要点

（1）选择优良品种　选择优良品种的原则：一是品种熟相要好，选择品种的熟期要

整齐一致，有利于为下茬作物腾地；二是丰产潜力大，种植的品种要较—般品种增产5%以上，最好选用较当地应用品种增产10%以上的新品种；三是抗倒伏，要选用植株较矮，茎秆粗硬，茎壁厚而有弹性，抗倒性能强的品种；四是抗病害，要选用不染病或高抗病的品种。

（2）播前整地　麦播前，适时深耕整地。切实耙透耙平，做到前茬收获后要抓紧灭茬保墒，抓住火口，适时机耕深耕（20～25cm）、机耙，切实耙透耙平，消灭明暗坷垃，做到上虚下实，以利出苗生长。每亩一次性底施优质农家肥3 000～4 000kg、NH_4HCO_3 75kg、过磷酸钙50kg、KCl 20kg。

（3）适时足墒播种　要做到适时高质量足墒播种。如果墒情不足，凡有水浇条件的一定要灌水造墒。造墒的方法，一是耕地前后灌水、耙平、播种；二是耕后做畦、灌水、松土、耙平、播种；三是若遇黏重土壤，适耕期很短，也可播后浇“跟种水”或“蒙头水”。小麦一般在10月中下旬播种，10月底至11月上旬，在预留行内移栽2行油菜，或者油菜采用条播方式。播种要精细，机播下种均匀，深浅一致，播深掌握在3～4cm，尤以精播机播种为主。

（4）田间管理

①冬前管理，促根增蘖育壮苗　播种出苗后要查苗补种，对播种不均匀的要间苗疏苗，调整群体，适时浇水并追少量N肥，划锄镇压。油菜出苗后长到两片真叶时，要及时间苗、定苗，去掉小、弱苗，留大、壮苗。每亩留苗10 000株左右。油菜定苗后追施120kg/hm^2 尿素提苗，追肥后及时浇水。

②保证安全越冬　在封冻前要浇好防冻水。从霜降至小雪，天气多变，常出现干旱，要在立冬前后浇1次防冻水，并在小麦油菜的根系周围追1次越冬肥盖苗，每亩施优质圈肥1 000kg以上，以利增温保苗。

③冬前杂草、病虫害防治　及早做好化学除草。于11月中旬至12月上旬，用小麦专用除草剂或75%苯磺隆干悬浮剂进行定向喷雾防治。同时防治地下害虫，用3%辛硫磷颗粒剂开沟施或顺垄撒施，划锄覆土；也可用40%辛硫磷乳油垄浇施。防治蝼蛄用麦麸或菜籽饼粉75kg/hm^2，炒香后加入适量水和低毒农药于傍晚撒入田间，用毒饵30～45kg/hm^2。同时，兼治土蝗和蟋蟀。

④冬后管理　浇好返青水，同时追肥。一般在5cm平均地温稳定在5℃以上时浇返青水为宜，同时结合施肥，可趁墒或结合浇水追施112.5～150.0kg/hm^2 尿素；结合中耕除草为主。若群体过大，可采取化控防倒措施，用壮丰安450～600ml/hm^2 或多效唑粉剂600g/hm^2 加水750kg/hm^2 进行喷施。

⑤科学追肥　油菜开花前或始花期看苗追施临花肥。一般在初花期酌施尿素30～45kg/hm^2 或 $NH_4HCO_3$105～120kg/hm^2，后期喷B肥和 KH_2PO_3；小麦扬花后灌浆期间，选择晴天16时以后，叶面喷施2%尿素+0.3% KH_2PO_3，间隔7～10d，连喷2遍。

⑥后期病虫害防治　在油菜生长的盛花期进行菌核病防治，一般可用克菌灵2.25kg/hm^2，或纹霉星1.05kg/hm^2 加水1 125kg喷雾，施药后7～10d，再防治1次。小麦后期主要有锈病，可用20%粉锈宁乳油600ml/hm^2，或15%粉锈宁粉剂1 200g/hm^2，加水450～750kg/hm^2，喷雾防治。防治麦红蜘蛛可用20%钾氰菊酯乳油或10%氯氰菊酯乳油

1 000～1 500倍液喷雾防治；用菊酯类杀虫剂喷雾防治吸浆虫；蚜虫可用15%吡虫啉可湿性粉剂1 000～1 500倍液，或20%快杀灵乳油300～450ml /hm^2 加水450kg/hm^2 喷雾防治。如果有多种病虫害混合发生，可将杀虫、杀菌剂如粉锈宁、快杀灵和灭幼脲混合1次喷施，可治白粉病、条锈病、麦蚜和黏虫。

（5）适时收获　小麦适时收获的最佳时期是蜡熟末期。此期长相为麦穗、穗下节和叶片全部变黄色，茎秆尚有弹性，籽粒含水量约22%，籽粒较坚硬，已呈现光泽。在油菜盛花期末30d左右，约有2/3的角果呈黄色，角果内的种子大部分由绿色变为黄、红色时即可收获，收割摊晒1d即进行脱粒，并及时晾晒。

4. 效益分析　麦田间作油菜技术在山东平阴县大面积推广时其效益逐年提高，一般小麦每亩单产400～450kg，兼收油菜子50kg，该模式基本不影响小麦产量，可增收1季油菜。在河南试验结果表明，按照以实收面积计算，相同面积的间作油菜产量比单作的油菜产量提高80%～100%，相同面积上间作的小麦比单作的小麦减产1%～8%，间作群体土地当量比分别为1.14、1.18和1.26，比预留行单作油菜高0.32～0.44。综上所述可以看出，麦油间作不仅提高了土地利用率，增加了现有耕地面积，而且油菜作为麦油间作中的高位作物，比单作时通风透光好，边行优势大。虽然小麦作为麦油间作中的矮位作物，有一定的劣势，但其影响较小，因此，对产量和效益影响不大。从产值效益分析，小麦油菜间作产值比单作预留行的高出34.7%～45.5%，比纯单作小麦增加22.2%，比单作油菜增产幅度更大。小麦油菜间作增产增效的原因：一是增加了天敌数量，麦油间作田中的瓢虫数量和蚜茧蜂数量都显著高于单作田，物种的丰富度非常高。而且，油菜是一种非常理想的蜜源作物，早期油菜上的菜蚜可为麦田天敌提供替代寄主或猎物，中期油菜开花后，油菜花则为麦田天敌提供花粉和花蜜等食物资源，有效提高了麦田天敌对害虫的控制效果。二是增加了单位时间内的土地面积，提高光热水资源的利用效率。

（三）小麦与甜菜间作

1. 分布地区和条件　小麦甜菜间作主要分布在河北、甘肃的河西灌区（张掖、临泽等）。该地区属温带气候，冬季温度低而寒冷。海拔100～3 000m。年平均气温为5～7℃，夏季平均气温20～23℃，年≥0℃积温为3 000～3 600℃，年≥10℃积温为2 000～2 500℃，无霜期120～150d，年降水量100～700mm。

2. 规格和模式

（1）4∶2模式　即小麦播种4行，甜菜播种2行。小麦行距18cm，甜菜行距30cm，小麦与甜菜间距15～20cm。

（2）6∶2模式　即小麦播种6行，甜菜播种2行。小麦行距18cm，甜菜行距30cm，小麦与甜菜间距15～20cm。

（3）5∶2模式　即小麦播种5行，甜菜播种2行。小麦行距15cm，甜菜行距40cm，小麦与甜菜间距15～20cm。

3. 技术要点

（1）选择适宜的间作带幅及优良品种　为了缩短小麦甜菜两种作物的共栖期，减轻小麦对甜菜生长的影响，小麦品种选择早熟、丰产、矮秆和抗倒伏的品种。甜菜品种选用

抗病丰产含糖量高的甜研 302、双丰 305、甘糖 1 号等品种。

（2）施足基肥，氮磷合理搭配　由于小麦甜菜带田生育期长、产量高，从土壤中消耗的养分较多，加之 P 肥具有促进甜菜根系发育，提高甜菜含糖量的作用，因此，要夺取丰产就必须施足基肥，N、P 合理搭配。播前结合浅翻每亩施优质农家肥5 000kg 以上，亩施磷酸二铵 20 ~ 30kg，磷铵 30kg，或亩施普通 P 肥 75 ~ 115kg，NH_4NO_3 30kg。P 肥要求一次性施足。N 肥在播前可以使全量的 50% 作为基肥。

（3）适期早播小麦，力争甜菜一次全苗　小麦的适宜播种期在 3 月中下旬，亩播量 16 ~ 17kg。播种方法采用机播，达到每亩带田小麦保苗 28 万 ~ 30 万株，成穗 30 万 ~ 33 万穗。甜菜播种在小麦三叶一心灌头水时，4 月上旬沙盖点播，亩播量为 1. 5 ~ 2kg，穴距为25 ~ 27cm。为使甜菜出苗快、出苗全，播前要进行种子处理。

①浸种催芽　将甜菜种子用开水和凉水 3 ∶ 1 比例的温水浸泡 24h，捞出后放置在有一定温度（20℃左右）的地方，盖数条湿毛巾，催芽 1 ~ 2d，待种子露出白头之前，即可点播。

②药剂拌种　为防治甜菜苗期黑脚病，经浸种催芽的种子播前用 25% 羟锈宁以干种子重量的 0. 15% 拌种，先将药剂与适量细土混合均匀后，边加药边翻拌，力求均匀，然后进行播种。

③土壤处理　播前结合浅翻每亩施入 3% 的呋喃丹颗粒剂或 3% 的 3911 颗粒剂 2 ~ 3kg，进行土壤处理，防治甜菜苗期地下害虫。

（4）加强田间管理　为了获得小麦甜菜双丰收，在管理上必须依小麦和甜菜的生育特点，协调好共栖期间的矛盾，前期主攻小麦，中后期主攻甜菜，以满足小麦和甜菜生长发育的需要。

①追肥和除草　小麦灌头水时，根据苗情和地力，每亩追施 NH_4NO_3 10 ~ 15kg，在灌水前后对小麦行间进行干耧湿锄，消灭杂草。

②间苗和定苗　在甜菜 2 ~ 4 叶期间苗，6 ~ 8 叶期定苗，每亩留苗 4 600 ~ 5 000株。在甜菜间、定苗前后，应对甜菜带间进行 2 ~ 3 次锄耧，抑制杂草生长，疏松土壤，促使甜菜苗全苗壮。

③科学追肥　甜菜追肥分两次进行。在小麦灌 3 次水时，亩追施 $NH_4NO_3$15 ~ 20kg，在小麦灌麦黄水时，给甜菜亩追施 $NH_4NO_3$30 ~ 40kg。麦收前后对甜菜的管理应突出“早”和“猛”。“早”是追肥宜早不宜迟，迟则影响甜菜及早形成强大的叶丛，继而影响块根的膨大。“猛”是此期追肥量要适当加大，满足甜菜对水肥的需要，加速叶丛繁茂。

④及时防治病虫害　除药剂拌种和土壤处理外，在防治小麦蚜虫的同时，重点抓好甜菜害虫的防治。5 月中旬用 50% 的甲胺磷乳油，每亩 50 ~ 75g，加水 40 ~ 50kg 喷洒，防治象甲虫成虫。5 月底至 6 月初用 90% 的晶体敌百虫，每亩 50 ~ 75g，加水 40 ~ 50kg 喷洒，防治地老虎幼虫。7 月底至 8 月初用 2. 5% 敌杀死每亩 25 ~ 30ml，加水 40 ~ 50kg 喷洒，防治甘蓝夜蛾等害虫。

⑤叶面喷磷肥　小麦甜菜带田叶面喷洒 KH_2PO_3，有明显的增产、增糖效果。一般要求叶面喷洒 2 次，在小麦孕穗扬花期，结合防虫给小麦、甜菜喷洒 KH_2PO_3 一次，8 月初

结合防治甜菜甘蓝夜蛾，再给甜菜叶面喷洒一次 KH_2PO_3，以利甜菜壮根蓄糖。KH_2PO_3 用量 150g/亩，加水 50kg，在 11 时以前、15 时以后喷洒。

⑥小麦灭茬　在麦收后应及时将小麦带进行深翻灭茬，疏松土壤，并做好甜菜的灌水及清除杂草等工作。

（5）适期收获　小麦收获在蜡熟末期，应快收抢运，以便管理甜菜。甜菜的最适收获期是外部叶黄化，中层叶淡绿，整株叶片呈匍匐状态时，即 10 月下旬进行收获。

4. 效益分析　小麦甜菜间作在甘肃省临泽县是在 20 世纪 80 年代初试验成功的，近几年在全县得到大面积推广。间作一般小麦平均产量 325kg/亩，甜菜块根 2 500kg/亩左右，块根含糖甜度为 20～21 度，按每千克小麦 0.548 元、每千克甜菜 0.12 元计算，每亩产值约 478 元。比大田单种小麦亩增收 217 元，比大田单种甜菜亩增收 163 元。同样，在甘肃武威地区试验结果表明，带田的小麦面积占总面积的 65%，产量为单作的 85%，甜菜面积占总面积的 35%，产量为单作的 53%，甜菜小麦带田的亩产值为 427.97 元，为单作小麦的 168.7%，单作甜菜的 108.8%，甜菜小麦间作可以显著增加两者产量和种植效益，达到甜菜小麦双丰收和增效的目的。小麦甜菜间作增产增效的原因，一是提高了作物光能利用率和热量转化效率，如小麦甜菜间作的光能总转化量为 26 489.0MJ/亩，比单作小麦高 55%，比单作甜菜高 15%。间作田光能比单作小麦高 23.05%，比单作甜菜高 25.93%；二是水的利用效益和土地利用效率提高，从用水的经济指标来看，带田比单作小麦高 53.98%，比单作甜菜高 9.65%。甜菜小麦带田与单作小麦和甜菜的土地当量比为 1.833，即带田比单作提高土地利用率 83.3%。三是改善了 CO_2 供应条件，增大了昼夜温差，带田中由于甜菜和小麦间的高差，特别是小麦收获后形成的“走廊效应”，增强了空气流通，促进 CO_2 的补给。带田小麦穗层空气 CO_2 含量比单作平均高 14.4～46.3mg/kg。间作田小麦收获后甜菜叶片活动层平均温差为 18.27～18.59℃，比单作平均温差 15.43～16.73℃提高 1.54～3.16℃。这些都有利于增强净光合作用产物的积累和甜菜糖分的积累。四是减轻了甜菜叶部病害的为害程度，由于甜菜带田在小麦收获后，甜菜不仅营养面积大，叶功能好，抗病性强，而且通风透光好，田间湿度小，甜菜褐斑病、白粉病和黄化毒病明显轻于单种甜菜。因此，发展小麦甜菜间作可以达到增收和增效的目的，同时，对促进农村商品经济和地方制糖工业的发展及解决粮糖争地和满足人民生活对食糖的需求都有非常重要的意义。

三、其他粮经间作

（一）高粱与大豆间作

1. 分布地区和条件　该间作模式主要分布在河南、山东、贵州等一年两熟区。

该区域年均气温 8～12℃，≥0℃ 积温为 4 500～5 500℃，无霜期较长，为 185～220d，年降水量 550～1 000mm，光照充足，年日照为 3 000～3 500h。

2. 规格和模式

（1）2∶4 模式　即 2 行高粱，4 行大豆。高粱行距 50cm，株距 20cm，单株留苗；大豆行距 50cm，株距 21cm，留双株。

（2）2：6 模式　2 行高粱，6 行大豆。高粱行距 50cm，株距 20cm，单株留苗；大豆行距 50cm，株距 21cm，留双株。

（3）2：5 模式　2 行高粱，5 行大豆。高粱行距 50cm，株距 20cm，单株留苗；大豆行距 50cm，株距 21cm，留双株。

（4）3：1 模式　即 3 行高粱间作 1 行大豆。高粱行距 70cm，株距 25cm，大豆行距 50cm，株距 21cm，大豆、高粱均留双株苗。

3. 技术要点

（1）选用良种　间套种用的大豆品种，应因地、因套种作物种类制宜。高粱间作大豆应选用早熟、中矮秆、耐肥、耐阴、抗倒性强的大豆品种。高粱选用植株适中、茎秆粗壮，抗倒、丰产性强的品种。选用高产优质，纯度在 98% 以上，净度在 97% 以上，发芽率在 90% 以上的一级杂交良种。

（2）种子包衣　用专用种衣剂进行种子包衣。未包衣种子要精选、晾晒。播前可选择阳光充足的天气，摊晒种子 3～5d，再用 40% 拌种双可湿性粉剂按种子重量的 0.3% 拌种防治黑穗病。地下害虫发生为害严重的地块，可用 50% 辛硫磷乳油 50ml，加水 3～5kg，拌种子 30～50kg，堆闷 3～4h，防治地下害虫。大豆种子也可以采用微肥如钼酸铵拌种，用钼酸铵 20～30g，先用少量温水使钼酸铵溶解，再加水 0.7～1kg，制成 1%～2% 的溶液，用喷雾器喷 50kg 种子，边喷边拌，待搅拌均匀后，晾干播种；根瘤菌拌种，将根瘤菌剂倒入相当种子重量的 1.5%～2% 的清水中，搅拌均匀后，将菌液喷洒在种子上，充分搅拌种子，待阴干后进行播种。也可以采用药剂拌种，用 40% 的乳剂 50g 加水1～2kg 喷于 30kg 豆种上进行拌种，防治地下害虫和线虫病，

（3）整地播种　在一年两熟期，前茬小麦收后机械灭茬，于 6 月初施底肥并进行机耕。一般施农家肥15 000kg/hm^2、复合肥 300kg/hm^2 作基肥，然后进行耙地，使土壤细碎无坷垃，上虚下实。6 月 10 日前播种。播种方法为穴播或平播，播深 3～5cm，覆土 3cm。随后镇压。玉米播种时，同时施用占总施肥量的 5% 的种肥，种子与肥料要隔开。

（4）田间管理

①查田补苗　发现缺苗断垄的地块，应及时进行移栽苗。

②间苗、定苗　3～4 叶间苗，5 叶定苗。间苗、定苗应在晴天下午进行，便于淘汰生长发育不良的苗和感染病害或者遭受虫害的幼苗，定苗时尽量留叶数一致、高矮相当、粗细一致的壮苗。

③中耕锄草　苗期中耕 2～3 次，第一次结合定苗进行，15d 后进行第二次。

④追施拔节肥　在高粱 9～10 片叶时，及时追拔节肥，要深施覆土盖严。也可结合中耕追施，每亩施尿素 12～15kg 或等 N 量的其他化肥。高粱进入抽穗期，大豆进入开花期时，用多效唑 15kg/hm^2 加水 750kg/hm^2，或用 0.05% 钼酸铵溶液 450～600kg/hm^2 进行叶面喷施。在开花结荚期，追施尿素 60～90kg/hm^2，叶面喷施 0.3%～0.5% 的 KH_2PO_3 溶液 450～600kg/hm^2，每 10d 喷施 1 次，连续喷施 2～3 次，增加干物质积累。若遇天气干旱，要浇好开花、结荚、鼓粒水。

⑤害虫防治　高粱苗期防治黏虫每亩用 2.5% 功夫乳油 20～30ml 配成 2 000倍液；或每亩用 21% 灭杀毙乳 40～50ml 配成1 500～2 000倍液喷雾。用对硫磷颗粒剂丢心防治高

梁钻心虫；防治蚜虫用20%灭扫利乳油或2.5%王星乳油20～30ml配成2 000倍液喷雾。对大豆食心虫、豆荚螟和豆天蛾，于花荚期用4.5%高效氯氰菊酯750ml/hm^{2}或40%辛·氰乳油750～900ml/hm^{2}加水450～600kg/hm^{2}喷雾防治。对大豆紫斑病、霜霉病用75%百菌清可湿性粉剂600倍液，或70%甲基托布津可湿性粉剂800倍液，每隔7～10d喷施1次，连续喷施2～3次进行防治。

（5）适时收获　高粱在蜡熟后期及时收获。大豆收获适期应是黄熟末期到完熟初期，此时茎、荚全部变黄，籽粒变硬，荚中籽粒与荚皮脱离，摇动植株有响声。

4. 效益分析　在河南商丘试验结果表明，在间作2：6的模式中，6行大豆折合产量2 398.57kg/hm^2，2行高粱折合产量7 471.43kg/hm^2，间作模式比单作大豆减产1 398.44kg/hm^2，但可多收高粱7 471.43kg/hm^2，大豆按市场价4元/kg计算，1 398.44kg/hm^{2}大豆折合产值5 593.76元/hm^2，高粱按市场价2.4元/kg计算，7 471.43kg/hm^{2}高粱折合产值17 931.43元/hm^2。其间作套种比单纯种植大豆可增加收入12 337.67元/hm^2。在贵州贵阳试验结果也表明，不同高粱品系与大豆间作均比其单作的螟虫幼虫口百分率要低2%～3%；从产值来分析，同一品系高粱//大豆间作的最终产值均明显高于单作，如GS7与黔豆3号间作最终折合产值为17 460.9元/hm^2，比GS7单作增值1 906.4元/hm^2；GS8与黔豆3号间作最终产值为17 727.6元/hm^2，比GS8单作增加产值2 086.8元/hm^2。高粱和大豆间作的增产增效原因，第一是地上部光、热资源的充分利用；高粱大豆间作实现了高矮搭配立体种植，能充分利用光能，高粱可以利用上部较强的光照，而大豆则可以有效利用在高粱拔节前的地表的太阳光能，同时，高粱也充分发挥了高秆作物的边行优势效应，因此，该间作模式更易获取比单一种植更高的产量。第二是高粱大豆间作，地下实现养分互补利用，高粱需要N肥较多，而大豆能够充分固N，减轻两者对养分竞争的矛盾；第三是高粱大豆间作，减轻了高粱虫害的发生，尤其是高粱螟虫的虫口率降低2%～3%，因此，减轻病虫为害，节约成本，实现高产高效。

（二）马铃薯与胡麻（油用亚麻）间作

1. 分布地区和条件　马铃薯间作胡麻主要分布在河北西北部、山西西北部、甘肃、宁夏和新疆等地。该区域海拔1 200～1 900m。年平均气温2.4～5℃，≥10℃积温2 000℃。年平均降水量343～500mm，且分布不均，主要集中在7～9月，属半干旱半湿润大陆性气候。年日照时数2 689.1～3 090.5h，无霜期95～110d，一年一熟区。

2. 规格和模式

（1）1：2模式　即1行胡麻，2行马铃薯。胡麻行距25～27cm，马铃薯行距40cm，株距25cm，穴播。

（2）6：2模式　即6行胡麻，2行马铃薯。胡麻行距27cm，马铃薯行距40cm，株距25cm，马铃薯穴播。

3. 技术要点

（1）精细整地　胡麻种子小，带子叶出土，幼苗顶土力弱，所以，胡麻地应实行秋季深翻，耕深要达到20～23cm。结合秋翻，每亩施农家肥2 500～3 500kg，三元素混合肥料50kg作底肥。水地实行秋汇，秋翻，随后耙耱，解冻后多次耙耱；旱地要在前茬作物

收获后，及时伏耕或秋耕，趁雨季接纳更多的水分，并要及时耙耱，减少水分蒸发，做到秋雨春用，压地提墒。

（2）选择优良品种　胡麻品种要选用丰产性高、抗病虫能力强、抗倒伏品种，如轮选2号、陇亚10号等。马铃薯要选用抗晚疫病、生育期在100～105d、丰产性强的品种，如晋薯15、晋薯16、同薯20、同薯22和同薯23等抗病、高产品种。

（3）马铃薯种子处理　选用脱毒一级种薯。播种前15～20d出窖。种薯出窖后，先晒种2～3d，然后放入室内，在散射光下催芽，3～5d翻动一次。培养紫绿色短壮芽，播种前2～3d开始切种，要求芽块在35～50g，使每个芽块尽量带顶端优势芽，芽眼不少于1～2个。切种时，遇到病烂、畸形薯，坚决淘汰，切除病烂薯，用0.3%～0.5%高锰酸钾溶液或70%酒精浸8～10min，防止病菌人为传播。为防止地下害虫和种薯传毒，每100g种薯用苗盛120g＋甲基托布津70g＋适量滑石粉拌种。

（4）适期播种　两作物当气温达到10～12℃、地温稳定通过7～8℃时，即可播种。多数地区播期在4月底至5月上旬。胡麻是双子叶植物，播种时要掌握播种深度，适宜的播种深度一般掌握在3cm为宜。土壤墒情好的地块，宜浅不宜深，墒情较差和整地粗糙的地块，可以深一点，但不能超过3.5cm，要深浅一致。土壤墒情差的应深播浅覆土，播后及时镇压，可以用开沟人工撒种、耧播和机播等形式。种马铃薯的地势平整的水浇地，采用机械播种或者人工播种，播前按要求把播种机株行距调节好，开沟、点种、覆土、起垄一次完成，种薯切块一定要大小均匀。

（5）田间管理

①中耕除草，培土起垄　第一遍在胡麻苗高3～6cm时开始，为防止压苗，要适当浅锄，约3cm为宜；并且要锄细，达到地表疏松，无杂草。同时，在马铃薯出苗达到10%，大部分芽正在顶土，能认清苗垄时，结合第一次中耕培土，用犁距垄中心约20cm培土，培土高度5cm，除较大苗外，大部分小苗埋入土中。第二遍中耕培土在胡麻苗高15～18cm时，胡麻和马铃薯即将进入现蕾，为促进根系发育，使根的吸收范围扩大，可适当深锄，但不要伤根，在马铃薯行用同样方法再培土5cm，使种薯到土表茎基部达到20cm左右。

②早追肥　第一次追肥结合第二次中耕进行。一般每亩追尿素10～15kg或施$(NH_4)_2SO_4$。第二次追肥在现蕾期，结合浇水，每亩施尿素2.5～5kg，以促进多分枝，多开花，多结硕果。胡麻现蕾至开花，可采用叶面追肥，一般每亩用KH_2PO_3 100～200g，加尿素250g，加水20kg喷施1～2次，可增产10%左右。甘薯在结薯期可以喷施膨大素，适当控制株高，防止倒伏，促进提前结薯。

③合理浇水　浇水必须看天、看地、看庄稼。一般在马铃薯和胡麻的开花期需水量很大，需要进行人工浇灌，合理施肥，提高肥料利用率；在胡麻开花后，一般应慎重浇水，以防贪青倒伏。

④防治病虫害　间作群体在苗期主要防治胡麻立枯病、炭疽病、萎蔫病。可采用播前用种子重量0.2%的50%的福美双可湿性粉剂拌种，发病期喷65%的杀毒矾800倍液，每隔10d喷施1次，共喷2～3次。后期锈病用20%萎锈灵乳剂400～600倍液或80%代森锰锌可湿性粉剂600～800倍液防治。白粉病在发病初期喷50%甲基托布津可湿性粉剂1 000倍液。马铃薯晚疫病在生长中期防治，用25%甲霜灵锰锌，增效瑞毒霉、瑞凡等交

替使用，每隔7～10d一次，连续3～5次。间作群体虫害前期地下害虫如金针虫、地老虎、漏油虫等，可在播前用辛硫磷处理土壤，亩用药量0.5kg，掺土20kg。撒入田间，防治地下害虫。生长期间以防蚜虫为主，一般用抗蚜威、蚜虱净等高效低毒、低残留的药物为主，效果极佳。

（6）收获及贮藏　在9月下旬，甘薯植株枯黄，部分植株正常死亡后，要选择晴好天气，及时收获。收获的薯块不能淋雨，不能用残枝败叶覆盖，要放在避光通风处晾干，待马铃薯表面水分蒸发后，剔除病、烂、伤薯，装袋预贮15d，再下窖贮藏，黑暗保存。胡麻是待田间植株2/3蒴果变为褐色，下部叶片脱落，种子变硬时，即可收获。收获后及时晾晒脱粒，否则，蒴果干裂落粒，影响产量，种皮变厚，出油率降低。

4. 效益分析　胡麻间作马铃薯采取6∶2的形式，胡麻占地66.7%，可获得相当于单作亩产115%的产量，等于节约了48%的耕地；马铃薯占地33.3%，获得了相当于单作30%的产量，等于多占了3%的耕地，两者相抵，等于扩大了45%的耕地。据试验可知，胡麻间作马铃薯，田间胡麻亩产相当于清种亩产的172.5%，马铃薯亩产相当于清种亩产的92%。由此可见，胡麻产量几乎成倍增加，效益显著。虽然马铃薯产量略有下降，但总体而言，胡麻间作马铃薯的经济、社会效益远远大于单一的清种。产生效益的原因，一是间作群体提高了作物对光、热、水的利用率，间作套种田日照时数、活动积温、降水量的利用率分别较清种田提高17.6%、14.3%和9.3%。二是立体型种植结构改善了田间小气候。胡麻间作马铃薯增大了全田密度和叶面积，变平面用光为立体用光，增加了光合作用面积。也改变了作物田间群体结构，形成一个植株高矮交叉，生育期长短不一的立体型种植结构，从而改善了田间小气候。三是采用间作方式，增加边行效应，使田间的对流和湍流更加明显。

（三）甘薯与花生间作

1. 分布地区和条件　甘薯与花生间作分布在河南、河北、江苏、福建等地。

该区域年均气温9～15℃，≥0℃积温为4 500～5 500℃，无霜期较长，为175～220d，年降水量550～1 200mm，光照充足，年日照为3 000～3 500h。

2. 规格和模式

（1）1∶2模式　即1行甘薯，2行花生。甘薯种在垄上1行，一沟内两垄旁种1行花生，或者垄两旁（垄高2/3处）各种1行花生，垄宽带沟99cm，每穴1～2粒。这种方式适用于丘陵山地、旱地、低平地，甘薯可在花生初花期栽插。

（2）1∶3模式　即1行甘薯，3行花生。甘薯与花生行间距25cm，花生行距20cm，株距15～20cm。这种方式便于插薯时可以翻犁松土施坑心肥，且耕作方便。此方式适于山地、旱地。

（3）1∶4模式　垄宽带沟100～103cm，一沟内两旁种各种2行花生，垄中间栽插1行甘薯。

3. 技术要点

（1）合理搭配优良品种　花生套甘薯共栖期一般为50～60d，多的达70d。因此，花生应选用矮秆、早熟、高产、稳产、粒大饱满和果实整齐一致的抗病性强的品种；甘薯宜

选短蔓、半直立型、结薯较早的品种，如 3282、A87 等。花生种子经过精选后，可采用药剂和生物菌肥拌种处理，可用钼酸铵或者固 N 菌拌种。用钼酸铵 20～30g，先用少量温水使其溶解，再加水 0.7～1kg，制成 1%～2% 的溶液，用喷雾器喷在 50kg 种子，边喷边拌，待搅拌均匀后，晾干播种，注意拌 Mo 肥忌用铁器。根瘤菌拌种是将根瘤菌剂倒入相当种子重量的 1.5%～2% 的清水中，搅拌均匀后，将菌液喷洒在种子上，充分搅拌种子，待阴干后进行播种。也可用 50% 多菌灵可湿性粉剂按种子量的 0.3% 拌种。

（2）培育甘薯壮苗　甘薯壮苗标准是茎粗壮，节间短，叶片肥厚，大小适中，具有本品种特征，无病虫，剪口乳汁多，苗长 20～25cm，百株重 500g 以上。首先选好苗床，床土用无甘薯病虫害的沙壤土 2 份与腐熟的有机肥 1 份混合均匀，过筛后填入苗床，厚度以 8～10cm 为宜，填入苗床后，撒施尿素 50g/m^2，以促进秧苗生长。种薯采取斜排法，种薯头尾相压不超过 1/4；排薯原则为头朝上尾朝下，背朝上腹朝下，种薯在苗床里上齐下不齐。排后上盖细沙厚 5cm 左右，然后喷水湿透苗床。排种到出苗阶段，进行高温催芽，苗床地温上升到 32℃左右时开始排种，保持 32℃左右的床温 3～4d。种薯萌发时，床温上升到 35～36℃，最高不超过 38℃保持 3～4d。出苗到炼苗阶段，催炼结合。种薯出苗后将床温降到 28℃左右，苗高 10cm 时将床温降到 25℃左右，并结合揭开草帘进行晒苗。采苗前进行蹲苗，将床温降到 20℃左右，停止浇水，应及时采苗。采苗后 1d 结合浇水施尿素 50g/m^2 催苗，并盖膜升温到 32～35℃，促使秧苗生长，3～4d 后转入低温炼苗阶段。

（3）适时早播，适期栽插　花生甘薯间作，花生要早播。在江苏省一般花生播期都在 4 月中旬开始，争取一播全苗。在花生播 50d 前后（6 月上中旬）套插甘薯为宜。但单边套（包括隔沟套）和垄畦套的应提早在花生初花期扦插，延长甘薯生育期，提高产量。对于较肥沃的田地，则应在花生盛花下针期套插甘薯为宜，以缩短共栖期，利于其生长，减轻花生僵病的发生。在一年两熟区，在前茬作物收获后，应及时播种花生，出苗后及时栽插甘薯。

（4）合理密植、配方施肥　花生套甘薯的适宜密度为花生每亩 1.5 万株左右；甘薯 3 000～3 500株/亩。据花生、甘薯需肥特点和土壤肥力条件，起垄时每亩施用有机肥 4 000kg、过磷酸钙 40kg 和尿素 10kg，以满足前期花生需要。

（5）田间管理

①及时查苗补苗　花生出苗后应及时查苗补缺，缺苗应立即催芽补种，或者进行育苗移栽。

②中耕除草　播后苗前可采用化学除草，每亩用 90% 乙草胺乳油 112.5～140ml + 75% 噻吩磺隆水分散剂 2.5～3g，加水 60kg 均匀喷雾。待苗出齐后，要进行清棵蹲苗和中耕除草，一般要中耕 1～2 次，在花生下针期要及时中耕培土，利于花生果针下扎入土。

③科学施肥和浇水　花生从结荚后期和甘薯结薯期以后，每隔 10～15d 叶面喷施一次 2%～3% 的过磷酸钙和 1%～2% 的尿素混合水溶液，共喷 2～3 次。如水肥过多，枝叶繁茂而早衰，可喷 0.2%～0.3% KH_2PO_3 或 2%～3% P 肥 3 次，维持叶片功能，防止早衰。在甘薯的块根膨大期，要亩喷施缩节胺 10～15g，甘薯块根膨大素 1 包加水 70～80kg，

10～15d喷施1次，连喷2～3次，可起到促下控上、加快块根膨大的作用。夏秋遇旱，要及时灌水，雨涝时及时排水。

④病虫害防治　对于地下害虫采用播种沟施药防治，用5%特丁硫磷颗粒剂2.7kg，甲拌磷颗粒剂2kg防治。花生结荚期注意防治叶斑病可用50%多菌灵可湿性粉剂1 000倍液、70%代森锰锌800倍液、80%大生400～500倍液、25%戊唑醇水乳剂1 000倍液、5%己唑醇1 000倍液，每相隔10～15d 1次，病重的喷2～3次；锈病可用75%百菌清600倍液或20%粉锈宁500倍液全田喷雾。甘薯软腐病、黑斑病等用50%多菌灵可湿性粉剂400～500倍液灌根处理。对于花生蛴螬为害可采用趁雨前或雨后土壤湿润时，每亩用10%辛硫磷粉粒剂1kg等内吸触杀多作用药剂，施于花生主根土表上，可彻底防治来此产卵的金龟子和为害荚果的蛴螬，同时，可兼治金针虫等地下害虫。甘薯茎线虫、甘薯天蛾、龟甲、叶甲和潜叶蛾等，可用2%的阿维菌素200倍液育苗前浸种处理。或者起苗移栽时，于苗床地面3～5cm高处高剪苗，并药液浸苗，降低薯苗带病率，以减轻病害的发生。

（6）适时收获　甘薯适宜收获期一般在当茎蔓开始变黄，气温在20℃以下时便可收获。留种的地块在10月底前收获完，收获时避免挖伤种薯，选择晴天中午收获，经过田间晾晒后，当天下午下窖或堆放。花生最佳收获期在生长点停止生长、上部叶片变黄色、下部叶片脱落、种皮呈现淡粉红色，时间在9月下旬至10月初。收获后，要做到及时晾晒脱水，并进行荚果分选，严禁大堆而造成花生霉变，严禁着雨过水，确保花生黄曲霉含量不超标。

4. 效益分析　1994年在福建平潭县栽植甘薯6 800亩（早薯4 000亩，晚薯2 800亩），推广花生间套种甘薯4 200亩，占甘薯面积的61.8%，每亩比花生增产108kg，共计增产276 800kg。4 200亩花生产量仍比前年增加18%。经164点的测产，花生间套种甘薯1 800亩，平均单产1 242kg，比全县甘薯平均单产1 000kg的增产24.2%。其中，上坂村花生套薯600亩，年亩单产1 456.5kg，比200亩花生单产1 013kg的亩增443.5kg。梧风村花生套薯398亩，单产1 111kg，比100亩花生单产915kg的亩增196kg。风美村花生套薯560亩，单产1 160kg，比花生1 054.9kg亩增105.1kg。甘薯花生间作增产的原因，是两作物地下养分竞争减弱，由于花生是豆科作物可以自身固N，因此，对土壤中N素的摄取量相对减少，有利于前期甘薯的壮苗早发，形成健壮植株。

（四）甘薯与芝麻间作

1. 分布地区和条件　甘薯与芝麻间作主要分布在河北、河南等地。该区域年平均气温8～12℃，≥0℃积温为4 000～5 000℃，无霜期为150～200d，光照充足，年日照为2 700～3 200h，年降水量500～1 100mm。

2. 规格和模式

（1）2∶1模式　即2行甘薯，1行芝麻。两作物间距110～120cm，芝麻种植密度为3万株/hm^2左右。

（2）1∶1模式　即种植1行甘薯，1行芝麻。芝麻种植密度为4.5万株/hm^2，甘薯种植于埂上。

3. 技术要点

（1）选用良种　要选好适宜间作套种的芝麻新品种，单秆型品种最好，如选择驻芝11、驻芝12、驻芝14、中芝7号和豫芝6号等品种。因为此类品种可减少对甘薯的影响，可共同充分利用自然资源。甘薯要选择抗病性强、丰产性好、秧蔓较短的品种。

（2）适时移栽，合理密植　在前茬作物麦收后，及时整地耙耱、起垄。甘薯垄宽90cm，株距40cm，每穴2株。甘薯应早栽，栽插前选用壮苗，剔除弱苗、病苗。栽插时按开窝、栽苗浇窝水、封土的顺序依次完成，栽深以7～8cm为宜；栽插时顶芽要露出地面3～4cm，并在地面留3片叶，其余叶片埋入土中。芝麻种在甘薯沟内，每亩撒播或者条播芝麻种100～130g。单秆型品种株距25～27cm，播后盖上土灰粪或干细肥土或火土灰，利于出苗。

（3）田间管理

①查苗补苗，间苗定苗　甘薯移栽后5～7d，进行田间查苗，若发现田间缺苗时，要及时用壮苗补苗。芝麻出苗后要及时间苗，防止苗挤苗、苗荒苗。一般1～3对真叶时间苗，5～6对真叶时定苗。

②中耕除草　中耕可以改善土壤通透条件，提高地温，促进根系生长。间作群体生育期间一般中耕2～3次。第一次在甘薯栽插10～15d进行，宜深；第二次在甘薯的分枝结薯期（栽插后30～40d）进行；第三次在封垄前进行，这次中耕宜浅并培土。

③合理施肥　在施足基肥的基础上，巧追施化肥。基肥一般结合整地每亩施农家肥4 000～5 000kg。甘薯一般在定值45d后根外追施化肥，可采用每公顷补施尿素75～90kg，P肥（P_2O_5）60～90kg，K_2O 50～75kg。甘薯进入结薯期或者芝麻在蕾花期时，根系吸收能力减弱，可采用叶面喷肥，以补充营养不足，一般每亩喷施0.2% KH_2PO_3和0.5%尿素溶液70～80kg，7～10d喷1次，连喷2次。

④化学调控　在生长比较旺的甘薯地块，每亩可以喷缩节胺10～15g，或甘薯块根膨大素1包加水70～80kg，10～15d喷施1次，连喷2～3次，可起到促下控上、加快块根膨大的作用。

⑤打顶保叶，不翻茎蔓　在管理中，甘薯一般不需要翻蔓，但是个别徒长地块可采用提蔓的方法，控制地上部的徒长。芝麻要打顶保叶，适时打顶可减少养分消耗的无效蒴果，促蒴大粒重，麦茬芝麻一般在8月6～7日（也就是立秋前7d）打顶较适宜，打顶长度以1cm为宜。

⑥合理排灌　甘薯全生育期一般灌水4次，但最后一水应掌握在甘薯收获前20d左右。芝麻既怕旱更怕涝，在芝麻生育期间，如遇到大雨暴雨田间积水时，应及时排出，做到雨停田间无积水，如果14：00～15：00田间植株顶部有萎蔫现象时，应及时灌水。

⑦病虫害防治　在芝麻初花期选择晴天15：00以后喷洒5 000倍液多菌灵或甲基托布津70%可湿性粉剂+敌百虫，每隔7d喷洒1次，连续3次效果良好。也可与根外追肥（如KH_2PO_3、硼砂等微量元素）同时进行。甘薯软腐病、黑斑病等可在结薯期用50%多菌灵可湿性粉剂400～500倍液灌根处理；用20%吗啉呱可湿性粉剂300～400倍液喷雾，3d喷1次，连续喷3～4次。

（4）适时收获　当芝麻植株下部有1～2节蒴果呈现裂蒴，即可收获。收后应小捆晾

晒，严禁闷垛，保证籽粒色泽。甘薯适宜收获期一般在当茎蔓开始变黄，气温在20℃以下时便可收获，留种的地块在10月底前收获完。收获时避免挖伤种薯，选择晴天中午收获，经过田间晾晒后，当天下午下窖或堆放。

4. 效益分析 在河南驻马店试验结果表明，芝麻与甘薯间作较单作甘薯增值1 065元/hm^2。芝麻甘薯间作增产的原因，一是高矮作物间作形成了气流的通道走廊，田间通风透光良好，同时，芝麻也可以发挥高秆作物的边际优势效应，提高产量。二是甘薯后期大量茎蔓遮盖地面，起到了保墒作用，同时，减少芝麻田间杂草滋生。三是充分利用了生长季节，甘薯是以收获块根为主的，没有明显的收获期，只要条件适宜可以一直进行营养生长，提高块根产量，从而提高效益。

（五）食用豆与向日葵间作

1. 分布地区和条件 该间作模式主要分布在河北北部、吉林、辽宁等冷凉地区。年平均气温为5～8℃，夏季平均气温20～23℃，年≥10℃积温为2 800～3 500℃，无霜期140～180d，年降水量500mm左右，降雨多集中于夏季。

2. 规格和模式 向日葵与大豆、食用豆（绿豆、红小豆、豇豆等）间作模式，主要有以下几种。

（1）2∶4模式 即2行向日葵，4行食用豆。等行距种植，向日葵行距和食用豆行距均为40cm，向日葵株距40cm，亩留苗1 389株；食用豆株距15cm，亩留苗7 300株。

（2）4∶4模式 即4行向日葵，4行食用豆。等行距种植，两者行距均为40cm，向日葵株距40cm，亩留苗2 700株；食用豆株距15cm。

3. 技术要点

（1）播前准备

①合理轮作 向日葵轮作周期一般3～5年，前茬以禾谷类作物为好。

②增施底肥 向日葵需肥量较大，因此，在秋季结合深耕每亩底施农家肥1 000～2 000kg，P肥20kg，NH_4HCO_3 20kg。

③选用优种 选择向日葵优种“三道眉”和优质农家食用豆品种（红芸豆、红小豆和大明绿豆等），播前向日葵种子用50℃的温水浸种3h。

（2）高质量播种 向日葵一般在5cm深、地温10℃以上即可播种。多在4月下旬至5月上旬播种，采用犁开沟手溜子或穴播方法，播深4～5cm。杂豆在4月中下旬播种，播深5cm。

（3）田间管理

①查苗补苗，保证苗齐苗壮 出苗后及时进行查苗补苗，杂豆在第二片真叶露出时定苗，向日葵在3对真叶时定苗。如果缺苗则进行育苗移栽，补栽最好在1～2对真叶，苗高不超过20cm时较好，按株距定苗。

②中耕除草 间作群体生育期间，一般中耕2～3次。第一次手锄疏苗除草，结合间苗，耕深为3～4cm；第二次结合向日葵定苗中耕，定苗一周后进行第二次中耕，深8～10cm；第三次在苗高50～60cm，耕深8～10cm，并进行培土起垄，防止倒伏。

③看苗追肥 现蕾后要重施追肥，每亩用NH_4HCO_3 30～35kg加水浇施。在食用豆鼓

粒期亩用15g钼酸铵，加水30～40kg进行叶面喷施，促进籽粒饱满。也可亩用KH_2PO_3 150g，加水40kg，叶面喷雾，喷施2～3次，提高结实率和千粒重。

④打杈、打叶　在向日葵花盘形成期，对一些品种的茎秆中上部发生分枝，要及时除掉，使营养集中在主茎花盘上，保证籽粒饱满充实。打杈工作要及时，做到"枝杈一冒，立即打掉"。此外密度过大，通风透光不良或有徒长现象的地块，应在花授粉后，适当打掉部分不太起作用的老叶。

⑤病虫害防治　对向日葵的地下病虫害（金针虫、蛴螬、地老虎、草地螟、金龟子和向日葵螟），可配制毒饵除治。草地螟、金龟子为害茎叶，可喷氟矽酸钠。若为害种仁可在管状花序凋谢时用药喷花盘。对于向日葵的锈病、菌核病和列当等防治，一般选用抗病品种、轮作、增施K肥或用25%的萎锈灵2 000倍液进行茎叶处理防治锈病。菌核病俗称烂大头，为害茎和花盘，可用"雷多霉"拌种或茎叶处理，或者亩用50%速克灵，加水50kg，对准花盘背面喷雾，防治菌核病。列当是一种显花寄生植物，寄生在向日葵根部吸收汁液，天旱炎热为害最重。消灭列当的最好办法是田间及时铲锄。食用豆要注意后期防治病害和豆荚螟，大豆食心虫等害虫，可采用花荚期用4.5%高效氯氰菊酯750ml/hm^2或40%辛·氰乳油750～900ml/hm^2加水450～600kg/hm^2喷雾防治。对褐斑病、紫斑病、霜霉病和茎腐病等，用75%百菌清可湿性粉剂600倍液，或70%甲基托布津可湿性粉剂800倍液，每隔7～10d喷施1次，连续喷施2～3次进行防治。

⑥人工辅助授粉　向日葵可采用人工辅助授粉。一般采用两种方法：

软扑授粉法：授粉时，用软扑轻轻摩擦花盘，使花粉沾在软扑上，然后连续摩擦其他花盘。

花盘接触法：即在开花期间将两个相近的花盘互相摩擦授粉。整个花盘从开花至结束需8d左右，一块地由初花到终花需18d左右。授粉每隔1～2d进行一次，共进行2～3次。每次授粉在早晨露水干后至11时效果最好。

（4）收获脱粒与贮藏　当叶子大部分干枯凋萎，上部茎秆和花盘背部变黄，舌状花脱落，籽粒变硬现出本色时，为向日葵收获适期。收获时，用镰刀将花盘割下，放在阴凉通风处后熟。花盘晒干即可用木棒拍打花盘背面或用脱粒机脱粒。将籽粒暴晒2～3d，含水量降至13%即可贮藏。而多数食用豆，如绿豆、红小豆和芸豆等荚果自下向上渐次成熟，成熟期参差不齐，已成熟的豆荚容易爆裂，所以，不能等全部豆荚成熟后再收获，应随熟随采。栽培面积大需一次收获的，应以豆全部荚果的2/3变褐黑色或者黄色为适宜收获期。收获过早，成熟的种子少，影响产量和品质，过迟，则成熟荚果易开裂，造成损失。

4. 效益分析　向日葵与食用豆间作，只要间作合理，管理得当，均比平作向日葵增产，一般增产幅度在9.8%～28.0%。以向日葵为主的种植方式，在向日葵不减产的条件下，增收食用豆525～600kg/hm^2；以食用豆为主的种植方式，可在基本不减产或减产较少的条件下，增收葵花籽375～525kg/hm^2。2006年，山西省吕梁市推广向日葵间作食用豆模式，面积达3.5万亩，平均亩产向日葵60kg，食用豆70kg，较一般单作亩增纯收入218元（单作每亩投入72元，间作亩投入120元，不包括投工。每千克葵花籽按2.8元、杂豆按3.4元计算）。在黑龙江和吉林的某些盐碱区，豆葵间作的栽培方式已逐渐推广应

用，总效益平均提高12.5%以上。

食用豆向日葵间作产量效益提高原因，一是通过高秆与矮秆作物的合理搭配，使作物高矮成层，相间成行，有利于改善作物的通风透光条件，变单作顶部平面用光为分层、分时交替用光，提高了光能利用效率，充分发挥边行优势的增产作用，减少了病虫害的发生，增加了农民效益。二是实现了用地养地相结合。实行豆葵间作，深浅根系交替，起到合理用肥的作用，同时，豆科作物的固N作用实现了以地养地，既增产粮食，又培肥地力，有利持续增产。三是有利于种植结构调整及多种经营的发展。向日葵与食用豆间作有利解决粮、油、菜等争地的矛盾，促进多种经营的发展。四是有利于集中农事操作，豆葵等间作有利于高秆作物向日葵田间喷药及收获。

（六）食用豆与蓖麻间作

1. 分布地区和条件 食用豆类作物是指籽粒中的淀粉和蛋白质含量较高，主要以收获籽粒作为食用的豆类作物，如红小豆、芸豆、绿豆、豌豆等。食用豆与蓖麻间作主要分布在一年一熟的辽宁、新疆、吉林、甘肃等地。该区域年平均气温5~9℃，无霜期95~140d，≥10℃积温2 600~3400℃，年降水量150~600mm。

2. 规格和模式

（1）2∶1模式　即食用豆种植2行，行距35cm；蓖麻种植1行，带宽100cm，两作物间距50cm。

（2）3∶1模式　种植食用豆3行，行距35cm；蓖麻种植1行，两作物间距50cm。

（3）4∶2模式　即食用豆种植4行，行距35cm；蓖麻种植2行，行距100cm，两作物间距50cm。

（4）4∶1模式　即食用豆种植4行，行距35cm；蓖麻种植1行，行距100cm，两作物间距50cm。

3. 技术要点

（1）选茬与整地　蓖麻间作食用豆宜选择地势平坦、土层深厚、肥力中上等的地块。蓖麻重茬或迎茬易感枯萎病，应与玉米、谷子、高粱、小麦和豆类等作物实行3~4年轮作。前茬以玉米、大豆、小麦茬为宜，若为甘薯、向日葵茬地块则不宜连作，整地以伏、秋深松或深翻27~30cm为宜，然后起垄。

（2）品种选择与种子处理　蓖麻选择具有单雌优势、增产潜力大、适应性强、抗旱、耐瘠薄的晋蓖麻2号或汾蓖7号；早熟类型选用哲蓖1号、淄蓖3号、淄蓖麻5号、8号等品种。种子要在晴天摊晒2~3d，干种子用多菌灵300~400倍液浸种8~10h，以防治蓖麻细菌性斑点病和立枯病，种子捞出阴干后播种。食用豆可选择芸豆、绿豆、红小豆、豌豆等。选种时要选择籽粒饱满，色泽纯正的种子。剔除病粒、损伤粒以及种籽粒较小，颜色暗，种皮粗糙，组织坚实，吸水力差的硬实种子后晒种2~3d。不同的食用豆要根据具体的气候条件选择熟期适中，高产抗逆的品种。

（3）适期高质量播种　适时播种。采用直播的需当5cm地温稳定通过10℃时，一般在4月中下旬播种。播深5~6cm，蓖麻播量12kg/亩。采用覆膜播种的播期为5月初，要坐水种，一般每公顷保苗数1.8万株。食用豆根据不同类型的豆，选择合适的播量。蓖麻

采用100cm等行距条播（用24行条播机或气吸式播种机），随后行间同期播入食用豆。也可采用覆膜打孔穴播，行距80cm、穴距70cm，每穴3~4粒种子，每公顷18kg左右，播后覆土以6~7cm为宜。另一幅种植间套作物，种2行或3行食用豆，行距30~40cm，穴距20cm。蓖麻植株高大，需养分较多，每公顷施腐熟有机肥10t，磷酸二铵150kg，尿素150kg，K_2SO_4 60kg，采用基肥、种肥分层施肥方法，以种肥为主，尿素作追肥施入。

（4）田间管理

①查苗补苗，及早定苗　出苗后要及时查苗，缺苗时要及时移栽补种。蓖麻在子叶期带土移栽，确保全苗，3~4片真叶时定苗，去掉生长瘦弱、有病的幼株，每穴1株。当食用豆显行后及时查苗，将过稠的苗移栽到缺苗处或者在室内发芽补种。幼苗出现真叶后立即间苗，除去子叶破伤及弱小的苗子，达到全苗、壮苗。

②中耕除草，适期追肥　蓖麻食用豆间作一般中耕2次。第一次结合定苗，浅锄露地。第二次在封行前或食用豆出苗后25d，深中耕培土，防止后期蓖麻倒伏。

③科学追肥和灌水　头水前结合开沟每亩施15kg尿素，P_2O_5 3~4kg，在蓖麻现蕾或者食用豆花荚期进行2~3次叶面追肥，每公顷喷施KH_2PO_3 3.0kg，尿素7.5kg。及时灌水。全生育期灌4~5水，灌水量350~450m^3/亩。一般蹲苗至蓖麻主茎花序开花期灌头水，如墒差可提前至花芸豆第一花序结荚期。以后每隔10~15d一水，做到不旱不涝。

④整枝打杈　蓖麻植株高大繁茂，郁蔽不易通风，有效及时整枝，有利于通风透光，并能减少养分损失，提高结实率。蓖麻采用“五穗法”整枝，第一次于6月上旬，蓖麻主茎长出6~7片真叶、未见花蕾之前，摘除主茎顶尖。第二次在7月中旬，选留5个一级分枝，其余一律摘除。第三次在7月下旬与8月上旬，剪除5个一级分枝上长出的二级分枝，根据地力与苗情可酌情留下1~2个二级分枝。第四次在8月下旬，摘除所有腋芽和无效花蕾。这样，每株蓖麻能成5个果穗，可一次收获。

⑤及时防治病虫害　蓖麻播种时随种子穴施低毒低残留农药防治地老虎，每亩施用1.5~2.5kg，苗期遇地老虎为害，可撒毒麸皮诱杀。中期高温高湿，如有叶枯病发生，可将病斑叶摘除，拿出地外焚烧。食用豆注意后期防治病害、豆荚螟、大豆食心虫等害虫，可采用花荚期用4.5%高效氯氰菊酯750ml/hm^2或40%辛·氰乳油750~900ml/hm^2加水450~600kg/hm^2喷雾防治。对褐斑病、紫斑病、霜霉病、茎腐病等，用75%百菌清可湿性粉剂600倍液，或70%甲基托布津可湿性粉剂800倍液，每隔7~10d喷施1次，连续喷施2~3次进行防治。

（5）适时收获　蓖麻属无限结果习性，即边开花边结实，成熟不一致，所以，收获时必须分批进行。蒴果开裂品种在果穗下部蒴果变黄时为适宜收获期；蒴果不开裂品种可待果穗下部蒴果变成暗褐色时收获，这时凹陷部分开始裂纹时，用剪刀将其从穗轴剪下，一共收获3次。大面积收获以果穗上有2/3的蒴果达到上述特征为标准。收获后先铺开阴干2~3d促进成熟，然后再在阳光下暴晒，促使蒴果裂开，用脱壳机脱粒，脱粒时注意不要把果实的外皮弄碎，以防降低品质及销售等级，然后经风选或筛选即可获得纯净的种子。多数食用豆如绿豆、红小豆和芸豆等荚果自下向上渐次成熟，成熟期参差不齐，已成熟的豆荚容易爆裂，所以，不能等全部豆荚成熟后再收获，应随熟随采。栽培面积大，需一次收获的，应以豆全部荚果的2/3变褐黑色或者黄色为适宜收获期。收获过早，成熟的

种子少，影响产量和品质，过迟，则成熟荚果易开裂，造成损失。

4. 效益分析 蓖麻与豆类间作是最为适宜的模式之一。豆类因有根瘤菌，可固定空气中游离 N 素，除供当年吸收利用外，还有一部分留于土壤中，很少与蓖麻争夺养分。蓖麻茎叶中含有毒素，茎、叶散发出一股特异的气味，有的害虫闻到这种气味就避而远之。试验证明，蓖麻与黑豆间作，对防除大豆蚜虫和大豆食心虫有明显效果，单株蚜虫头数比清种下降 61.5%。类似的间套作作物还有蓖麻与红豆间套作等。同样，刘红光（2010）在宁夏蓖麻产区的栽培实践证明，红豆套种蓖麻，红豆产量可达 107.9kg/亩，蓖麻产量 219.3kg/亩。投入产出比为 1∶6.6，比单种蓖麻净增产值 317 元/亩。

（七）谷子与大豆间作

见以后“条带种植”部分。

第三节 粮菜间作

一、玉米与蔬菜间作

（一）玉米与毛豆间作

1. 分布地区和条件 紧紧抓住市场看好的青玉米、青毛豆等为主的四青作物，采取合理的间、套作，实现粮、菜兼种兼收，一年五种五收，用地养地结合，效益较为显著。而且产品的市场销售空间较大，可以推广种植。目前，这种种植方式在江苏省海门东部地区分布较为广泛。适宜热量条件比较富裕，两熟到三熟区。

2. 规格和模式 3 月中旬，春玉米采用 3m 组合，地膜覆盖，种两垄单行双株玉米，小行距 0.8m，大行距 2.2m，穴距 0.18m，每亩密度 4 900 株。在 2.2m 的大行中，距玉米根 0.5m 处间作 4 行春毛豆，毛豆行距 0.4m、穴距 0.15m，每穴播种 3 粒，每亩栽 5 900穴左右，也采用地膜覆盖。夏玉米于 9 月上旬收获后种秋豌豆，0.4m 等行距开条播。11 月下旬秋豌豆采摘结束后，等行距移栽青菜，行距 0.35m，株距 0.16m，每亩栽 11 900 株左右。

3. 技术要点 茬口衔接要科学及时，品种选择要早熟优良，春季采用地膜覆盖，这是确保每茬作物能高产高效的关键。

（1）青玉米

① 选择早熟优质品种 春玉米选用苏玉糯 1 号，夏玉米选用抗病性好的早熟品种通玉糯 1 号。

② 合理施好肥料 春玉米一般第一次为基肥，每亩施羊棚灰肥 600kg、25% 三元复合肥 40～50kg、7 张展开叶时每亩施尿素 6kg 作拔节肥；11 张展开叶时每亩施尿素 15kg 作穗肥。由于夏玉米生长发育速度快，生长期较短，在施肥上应突出一个“早”字，基肥以速效肥为主，追肥叶龄指标要比春玉米提早 1 叶为宜。

③ 抓好病虫防治　春玉米要重点抓好地下害虫及玉米螟的防治；夏玉米的病虫害防治重点是锈病和玉米螟。

（2）春毛豆　可选用辽鲜系列的1号、4号、大粒王或95-1等早熟品种。由于毛豆根系有根瘤菌，所以，一般每亩施腐熟人畜粪肥600～800kg、过磷酸钙30～40kg、25%复合肥20～25kg作基肥。初花期因地因苗制宜施好花荚肥，一般每亩施尿素5～7kg。在鼓粒期喷1～2次0.4% KH_2PO_4 液，可明显起到增粒增重的作用。毛豆的主要虫害是豆荚螟，应在开花期用菊酯类农药防治。病害主要是病毒病、白粉病，要注意防治。

（3）秋豌豆　选用中豌4号。其高产的关键是适期早播和适当密植。一般在9月10日前播种结束。每亩施25%复合肥20～25kg作基肥，初花期每亩施尿素15kg，在生长过程中要重点抓好蜗牛、豌豆潜叶蝇和杂草的防治。

（4）青菜　选用市场看好的"矮萁青"或"上海青"等品种。10月上旬，选择肥沃田块作秧基地，结合整地每亩施腐熟有机肥800kg作基肥，并做成2m宽的畦，每亩用种量200g，播后用铁锹拍实，出苗后要及时间苗1～2次。11月下旬结合大田耕翻整地，每亩施蔬菜专用复合肥50kg作基肥，并做成2m宽（连沟）的畦，开行移栽，活棵后施人畜粪肥1～2次，每次每亩施450～500kg，12月中旬再追肥1次。

4. 效益分析　本茬口一般亩产青玉米棒1 400kg（春夏两季）、鲜毛豆荚350～400kg，秋豌豆荚500～550kg，青菜1 500kg左右，亩产值6 000多元。如果青玉米与青毛豆采取小拱棚加地膜覆盖的方法，则上市时间还能提早，效益更为显著。

（二）玉米与生姜间作

1. 分布地区和条件　生姜间作玉米是一项简单易行、助农增收又节地的技术。间作后不影响生姜的产量和品质，具有合理利用土地资源，提高收入的优点。主要分布在南方姜产地。

2. 规格和模式　生姜播种时间一般在2月下旬至3月上旬。播种前采用福尔马林或多菌灵等药剂进行浸种处理。种植时要确保生姜种块与垄顶的距离（深度）在15～20cm，防止种植过浅，姜块茎膨大露出地表。春玉米间作种植时间在3月中下旬前后，按照栽培方式要求，于垄沟底及时进行种植。

实行垄作栽种，按1.2m宽拉线起垄，垄高20cm，下底宽90cm，上顶（厢面）宽60cm，垄上栽2行生姜，行距30～35cm，株距20～25cm；垄沟底种1行玉米，株距20cm，每亩玉米4 000株左右，玉米距生姜30cm。

3. 技术要点

（1）选地整地　土地要尽量选择肥厚疏松、排灌水方便、轮作3年以上、前茬未种过茄科作物的田块种植，以利于生姜块茎的膨大生长。整地时，每亩施腐熟农家肥3 000kg，复合肥50kg或过磷酸钙100kg，耕后整好待播。

（2）选用高产适宜品种　生姜选用高产、优质、适宜当地种植的本地当家品种。认真筛选种姜，每块保留1～2个壮芽。玉米选用叶片上冲、优质、高产品种，如会单系列和掖单2号杂交种等产量潜力较高的品种。

（3）田间管理

① 灌水锄草　生姜播种后立即灌水，5～6d 后锄地 1 次；10d 后灌第二次水。7～8d 后再锄地 1 次；待可下田即可播种玉米。

② 施肥、培土　生姜齐苗期每亩施尿素 15～20kg；地下茎形成初期每亩施复合肥 30kg。肥施于行间，施后培土、灌水。玉米田间施肥原则是：轻施苗肥，巧施拔节肥，猛施攻苞肥。玉米长至 4～5 叶期，结合锄草每亩施尿素 10kg 作苗肥；拔节期每亩施玉米专用复合肥 20～30kg；攻苞肥于玉米大喇叭口期，每亩施尿素 30kg。

③ 及时防治病虫害　生姜虫害主要是预防蚜虫和防治地下害虫，如蛴螬等，可每亩用林丹粉 2kg 拌毒土处理土壤；病害主要是姜瘟病，在生姜生长前期和中期各喷施多菌灵 1 次预防姜瘟病，发现病株及时拔出，并用生石灰消毒。玉米重点是抓好钻心虫的防治，可在玉米心叶末期每亩用 1.5% 辛硫磷颗粒 0.5～1kg 直接撒入玉米大喇叭口内进行防治。

（4）收获　生姜一般在 10～11 月份收获。此栽培模式生姜的平均亩产量在 2 500kg 左右；间作玉米一般在 7 月底至 8 月初收获，亩产可达 400kg。

4. 效益分析　生姜和玉米通过合理间作套种，可以充分利用高矮秆作物的立体空间，有效提高光能利用率，大大提高种植效益。经农业科技人员多年实产验收，平均每亩收鲜姜 2 560kg，产值 4 608 元（每 1kg 按 1.8 元计）；间种的玉米每亩产量 426kg，产值 681.6 元（每 1kg 按 1.6 元计）。平均每亩效益达到 5 289.60 元，增产效益明显。

（三）玉米与辣椒间作

1. 分布地区和条件　朝天椒忌连作，要实行轮作倒茬，即选取未种过茄果类的土地。由于朝天椒的根系不发达，在生长中，对土壤养分要求严格，适宜在地势高燥、排水性和保水性良好，有深厚土层的肥沃土壤或沙壤土中种植。土壤肥力应在中等以上。要早整地，力求整平疏松。做好排水系统，不能在低洼处种植。

2. 规格和模式　茬口安排：朝天椒于 3 月上中旬育苗，5 月上旬定植。5 月中旬立即点种玉米，9 月中旬玉米收获完毕。

3. 技术要点

（1）辣椒栽培技术要点

① 品种选择　选择优良的品种是丰收的基础，在相同的生产条件下，种植优良品种可比种植一般的品种增产 10% 以上。朝天椒可选用精选南韩干辣椒、山鹰椒以及火霸等中晚熟品种，簇生，抗病性强，皮薄且硬，红果鲜艳，坐果率高，辣味香浓。

② 育苗　育苗一般在 3 月上中旬，苗龄 50～60d。苗期可不进行分苗，但播种要稀，一般播种量为 1.95～2.10kg/hm^2，中间要进行 1～2 次间苗，苗距一般以 0.5～1.0cm 为宜。床土要过筛，可按 6∶4（土∶肥）的比例掺入充分腐熟的有机肥。播种前先浇足底肥，待水完全渗下后覆一层细土，把发芽的种子均匀撒到上面并覆土 0.5mm。育苗床的温度是培育壮苗的关键，种子发芽出土时要维持较高的温度，以保证出苗整齐，日温 30℃左右，夜温 18～20℃。幼苗出齐，子叶展平后，适当降温，日温 25～27℃，夜温 17～18℃，以防幼苗徒长。定植前 10～15d，日温降至 15～20℃，夜温降至 5～10℃，进行通风炼苗。

③ 整地施肥　一般采用分畦种植，每畦宽约 2m。整地时应施足底肥，施入 75 000kg/

hm^2左右的优质有机肥，再加入优质蔬菜专用复合肥（如高氮高钾型蔬菜专用复合肥）6 750 ~ 9 000kg/hm^2。

④ 地膜管理　为争取早定植，大多数采用地膜覆盖栽培，这样可在早期提高地温，能使地温保持稳定，保持水肥能够促进早发根，早发棵，利于植株的初期生长。另外，地膜覆盖还可以壮苗，躲开发病高峰期。在朝天椒生产上一般使用60 ~ 70cm 宽的地膜较为合适。考虑到覆盖地膜后升温需要3 ~ 5d，一般在4 月底将地膜覆盖好。此外，进行田间操作时要注意保护地膜，要经常检查，发现有破裂或者不严的地方及时压严。在朝天椒生长中期，为方便施肥，可以将地膜从中划破，进行灌水追肥，但无须将地膜全部揭除，使地膜继续发挥保水保肥的作用。

⑤ 定植　朝天椒幼苗长到7 ~ 10 片叶，株高约14cm 时即可移植。栽培时行距35cm，穴距30cm。三角形定植，每穴2 ~ 3 株，一般按120 000 ~ 150 000株/hm^2 栽植。栽后要及时补苗。

⑥ 收获　为了提高朝天椒的产量和品质，可分批次采收，红一批收一批，最后一次采收时应整秧拔下，先放在田间晾晒3 ~ 4d 后进行整秧晾晒。一般晾晒15 ~ 25d，当用手摇晃朝天椒时，能听到朝天椒籽粒撞击种子壁的声音时即可。

（2）玉米种植技术要点

① 品种选择　玉米播种时间为5 月中旬。由于北方9 月中下旬温度逐渐降低，一般9 月上旬采收玉米，以利于朝天椒的进一步生长。所以，一般种植中玉19、科试880 等品种，高产而且稳产，综合抗性高又适于间作，生育期一般在100d 左右。

②种植　玉米种植一般使用点种法，在过道的两边各点种1 行。同样采用三角形种植法，株距30cm 左右。株距不宜过大，过大会影响玉米的授粉。

③ 肥水管理　由于种植朝天椒施肥充足，可以不单独给玉米追肥。而且，朝天椒经常小水勤浇，与玉米的共栖期较长，可以做到一水两用，基本上也不用给玉米单独浇水。

④ 收获　玉米的收获期一般在9 月中旬。由于北方9 月中下旬的气温逐渐降低，玉米的生长和光合作用以及遮光效应严重影响了朝天椒的光合作用以及营养物质的吸收，所以，应在此期间将玉米收获，并把秸秆割倒，以使朝天椒更好地生长。

4. 效益分析　辣椒、玉米间作对辣椒疫病和玉米大斑病、小斑病的病害发生均有显著的控制效果。与单作相比，间作对辣椒疫病的防治效果随辣椒行数的减少由35.0% 逐渐增加到69.6%；间作对玉米大斑病、小斑病的控制效果随辣椒行数的增加由43.0% 逐渐提高到69.3%。同时，辣椒玉米间作可显著提高单位土地面积的生产能力和经济效益。其中，5 行辣椒间作2 行玉米的复合产量和土地利用率最高，但经济效益相对较低；10 行辣椒间作2 行玉米的复合产量和土地利用率相对较低，但经济效益最高。与单作辣椒相比，辣椒玉米间作的总产值增加1 683 ~2 012 元/hm^2，增幅达10% ~12%。证明利用辣椒玉米间作提高物种多样性、增强农田稳定性可达到有效控制辣椒疫病和玉米大斑病、小斑病的目的。

（四）玉米与瓜类间作

1. 玉米与西葫芦间作

（1）分布地区和条件　可广泛应用于夏玉米区。

（2）规格和模式　麦收后及时倒茬，然后整成大小畦。大畦宽 1m，小畦宽 0.5m。大畦播种玉米 3 行，玉米长至两叶一心时，于小畦内播种西葫芦 2 行，西葫芦 8 月收获。

（3）技术要点

① 品种选择　应选用中熟抗病品种鲁单 50；西葫芦选早青一代。

② 施肥整地　小畦按每亩施腐熟有机肥 5 000kg，磷酸二铵 30kg，$K_2SO_4$20kg，深耕耙平。

③ 播种　大畦播种玉米 3 行，株距 30cm。待玉米长至两叶一心时于小畦内播种西葫芦 2 行，株距 40cm，每穴播种 2～3 粒，播后浇 1 次透水。西葫芦播种前用 65℃ 的温水浸种 15min，并不断搅拌，待水温降至 30℃时再浸种 4h，捞出后沥干水分，用潮湿纱布包好，置于 25～30℃的条件下催芽，种子露白时即可播种。

④ 田间管理　间苗后结合浇水追 1 次促苗肥，每亩玉米畦追施 KH_2PO_4 25kg，西葫芦畦追施磷铁 10kg、$K_2SO_4$5kg；玉米大喇叭口期结合浇水追施尿素 30kg。当西葫芦第一瓜坐住后，结合浇水追施尿素 15kg/亩。西葫芦从追促苗肥到雌花现蕾之前，如遇高温干旱天气，可小水勤浇，降低地温，防止病毒病发生。瓜坐住后，保持西葫芦畦面见干见湿。

（4）效益分析　利用玉米植株遮阳降温间作西葫芦越夏栽培，西葫芦 8 月中旬上市，正好供应蔬菜淡季市场，经济效益显著。同时，玉米间作西葫芦加大了自身通风透光量，相应提高了产量。每亩产玉米 400kg，西葫芦 1 500kg，产值 3 400元左右。

2. 玉米与南瓜间作

（1）规格和模式　播幅为 3m，宽窄行种植，种两行玉米间作 1 行南瓜。玉米行距 0.4m，穴距 0.4m，每穴定苗两株，每亩 2 223 株；宽行中间种南瓜，南瓜行距玉米行 1.3m，株距 0.6m，亩植南瓜 370 株。

（2）技术要点

① 选用良种　规范种植良种是获得丰产和高效益的基础和内因。玉米品种选用优质、丰产、抗病、适应本地气候和栽培条件的优良品种如兴黄单 89-2、屏单 5 号，南瓜品种选用优质、抗病、丰产和肉质细腻，味甜，产品销路好，效益较高的广东蜜本南瓜。

② 精细整地，施足底肥　覆膜栽培播种前对种植地块进行两犁两耙，人工细碎大土，精细整地。玉米地亩施优质腐熟农家肥 750～1 000kg，玉米专用复合肥 25～30kg，$ZnSO_4$ 500g，化肥与农家肥充分拌匀后施作底肥。南瓜地亩施优质腐熟有机肥 1 000kg，K_2SO_4 30kg，硼砂 1kg，化肥与有机肥拌匀后施入打好的塘内，每穴施拌好的肥料 4.5kg，将肥料与穴内土壤充分拌匀。南瓜行要整理成宽 1.6m、高 15～20cm 的厢面，用 2m 宽的地膜盖上，膜四周铲土压实，以确保增温保湿。

③ 南瓜的育苗和移栽　掌握以下环节。

苗床地的选择与整理：苗床地选择在地势平坦、水源方便、背风向阳、光照充足、离移栽地较近的地块。苗床宽 1.2m，长 4～5m，刮平床底，低于地面 10cm。

营养土的配制：选用 60% 过筛菜园土，30% 充分发酵腐熟细粪，9.5% 草木灰，0.5% K_2SO_4，将肥料与菜园土充分拌匀，堆闷发酵 10d 后再用。

种子处理及播种：育苗时间于 2 月上旬。播种前晒种 1～2d，浸种时用 0.1% 高锰酸钾浸种 5～6h 进行消毒，控水后用清水冲洗种子 3～4 遍，再用草木灰拌种。育苗用纸袋

或塑料营养钵均可，先将营养钵（袋）装土2/3，每钵放1粒种，种子要平放，再盖上2cm厚的营养土，同时，把营养钵整齐地排放在苗床上，接着用喷壶浇透水后，用2m长的竹片插成小拱棚架，覆盖上2m宽的薄膜保温，膜四周铲土压实，以确保增温保湿，保证出苗整齐。

苗床管理：南瓜播种后至出苗前，白天温度控制在30~35℃，夜间保持在15~20℃，白天膜内温度超过35℃时应揭开膜两头，放风降温，下午关闭。阴雨天全天关闭保温；播种后出苗前一般不浇水，出苗后如气温高、光照强，每隔1~2d浇水1次，阴雨天不浇水。

移栽定植：当瓜苗长到2~3片真叶时移栽于定植穴内，破膜移栽，每穴定植1株。定植后浇足定根水，并用细土封严破膜口，视天气状况隔3~4d浇水1次，直到成活。

④ 玉米播种　玉米于雨水前后（即2月15~25日）播种。按宽行2.6m，窄行0.4m，穴距0.4m打塘播种，每穴放种3粒，盖土后用宽80cm的地膜盖上，再将膜四周铲土封严，以确保增温保湿。

⑤ 玉米的田间管理　玉米出苗后及时破膜放苗，用刮胡刀片或小刀将膜划成“十”字形小口，将苗放出，用细土将破膜口封严，防止风吹漏气散失土壤水分和降低保温效果。在幼苗长到2~3叶时，分次间苗，间弱留壮，如有缺塘，可用其他多余的苗带土移栽补齐，确保全苗。当幼苗长到4叶时，及时定苗，每穴定苗两株，多余的苗全部拔除。

幼苗定苗后，每亩施尿素10kg作提苗肥，破膜处长出的杂草要及时用手拔除，并及时铲土将破膜口封严，膜外杂草也要及时锄掉。在玉米大喇叭口期重施穗肥，每亩施尿素20kg，同时，中耕培土1次，以防止植株倒伏。

⑥ 南瓜的田间管理　当瓜苗主蔓有5~7叶时摘心，每株留2~3个健壮侧蔓，利用子蔓结瓜。

为提高坐瓜率，可采用人工辅助授粉。在南瓜开花期间，于7~9时直接采摘当天开放的雄花剥去花冠，将雄蕊的花粉轻轻涂抹在雌花的柱头上，1朵雄花可授2~3朵雌花，可保证每根藤蔓坐瓜1~2个。

当幼瓜坐稳后，如植株叶片深绿带黑，说明肥料充足，可以不追肥；如坐瓜后植株叶片变淡变黄，说明土壤缺肥，应及时追肥，每亩用尿素10kg拌K_2SO_4 12kg，拌匀后施于距根部20cm处，采用穴施，每株施50g，施后覆土，以充分满足植株所需营养，促进瓜体迅速膨大。追肥时切忌单施N肥，以免降低南瓜的含糖量，导致品质下降而影响销售，降低种植效益。

为害南瓜幼苗期的害虫有地老虎、黄守瓜，中后期有白粉虱、蚜虫、蟀象等；病害主要有白粉病。防治害虫可选用辛硫磷、杀虫双、吡虫啉、功夫等药剂喷雾，其中，防治地老虎用1 000倍液的辛硫磷灌根；防治白粉病选用15%三唑酮1 000倍液、70%甲基托布津800~1 000倍液在发病初期喷雾，隔7~10d喷1次，连喷2~3次。

⑦ 适时收获　玉米在果穗苞叶全部变白松散，籽粒成熟变硬时采收。南瓜采收嫩瓜上市，一般在授粉后7~10d，瓜重0.5kg左右时，即可分批采收上市销售；采收老瓜应在坐瓜后50~55d，当瓜皮蜡粉增厚，皮色变为淡黄褐色，表皮变硬，用指甲刻入不易破裂时进行。

（3）效益分析　实行瓜粮间作，发挥立体种植优势，提高土地的综合生产能力，实现旱地1季平均亩产玉米335kg，亩产优质南瓜2 668kg，综合亩产值达3 137元，扣除亩成本450元，亩净收入达2 687元，是净种玉米的5.3倍。

3. 玉米与多种蔬菜间套作

（1）分布地区和条件　在热量充裕、劳动力丰富的地区，可以采用玉米、大蒜间套作菠菜、西瓜、绿豆，实现“五种五收”，综合效益好。但这种模式比较费工，适用于劳力多、土地少的农户。因西瓜连作容易发生枯萎病，因此，在同一地块上连年采用此种植模式时，必须逐年改变畦埂的位置。

（2）规格和模式　种蒜的同时在畦埂上间作菠菜，翌年春季剜完菠菜后再套种西瓜（与大蒜的共栖期不到1个月），三者之间互不干扰；收完蒜后照常播种玉米，而玉米与西瓜共栖期也不长，相互影响不大；西瓜收完后再套种上绿豆，又能多收一茬。虽然绿豆产量有限，但因其有固氮作用，对养地有益。这样总体上种植效益增加了不少。

（3）技术要点　此种以大蒜、玉米为主栽作物，菠菜、西瓜、绿豆为辅栽作物的连环套种技术要领如下。

① 大蒜、菠菜的种植与管理

播前准备：大蒜、菠菜均属越冬作物，适于同期播种。9月下旬，在前茬作物收获后开始整地备播。首先要施足底肥，每亩施优质土杂肥3 000kg，高N、高K型三元复合肥120～150kg（忌施含氯化肥）。随即深耕20～25cm，耙细整平。然后打畦，畦长50m左右，每2.5m为1个播种带，其中，畦面宽2m（恰好能铺1幅地膜），畦埂宽50cm、高20cm，呈拱形。

播种：为防止肥害发生，使肥料颗粒与土壤颗粒充分接触，整地打畦后应间隔5～7d，于9月底10月初同时播种大蒜和菠菜。在畦面内栽10行蒜，株距13～15cm（合每亩2万株左右），畦埂上撒播菠菜。需要提醒的是，菠菜对乙草胺敏感，覆膜前喷施除草剂时应定向喷雾，尽量压低喷头，喷畦面而不喷畦埂，以防菠菜受药害。

菠菜收获：菠菜通常长势不一，播后2个月即可挑大棵上市。因其耐寒力极强，虽然种在高处，又不盖地膜，但也可正常越冬，至翌年春季返青后仍有上市。过了清明节，菠菜就会抽薹，丧失食用价值，故应在4月初以前收获完毕。

大蒜除草：地膜覆盖栽培大蒜在增温保墒、促进作物生长的同时，也为杂草孳生创造了条件。每年4月上旬给大蒜浇壮苗水时，若每亩随水冲施33%施田补250ml，对防治晚春及初夏杂草效果较好，杂草少的地块不用冲施。

② 西瓜的套种与管理

选种：大蒜田套种西瓜，宜选用京欣1号、丰乐1号、郑杂5号等早熟品种。于3月底4月初在小拱棚内采用营养钵育苗。谷雨节气后移栽于蒜田畦埂上，每条畦埂栽1行，株距50cm（合每亩530株）。栽植位置不在畦埂正中，而是在其一侧距中心线12～13cm的半坡上，栽后用地膜覆盖畦埂。这时恰逢大蒜浇催薹水，正好促使西瓜营养钵与周围土壤密结。

田间管理：大蒜通常在5月20日前后收获，剜蒜后应及时给西瓜追肥，每棵瓜苗施香油渣100g或$K_2SO_4$25g，一般在距根部20cm处穴施。西瓜采用双蔓整枝，人工理蔓。

为了减少与套种的玉米争地，不要让瓜蔓在畦的垂直方向延伸，而是与畦呈45°斜向翻越畦埂。每株留1个瓜（通常留第二朵雌花），在瓜后7叶处摘心。其他管理同常规栽培。

收获：7月中旬西瓜陆续成熟，应分次采摘。摘瓜后随即拔掉瓜秧，以免浪费土壤养分。西瓜全部摘完后，及时将瓜秧清除至地外。

③ 玉米的套种与管理　5月下旬大蒜收获后，应尽快拣出蒜秸，清除残留地，中耕松土以增温保墒。为了避开灰飞虱的发生高峰，防止玉米粗缩病的传播蔓延，通常在芒种节气后播种玉米。宜选用中早熟、矮秆玉米品种。每畦种3行，其中，跨西瓜的大行距为1.1m，无西瓜的小行距为70cm，株距20~25cm（合每亩3 300~4 200株，具体视品种而定）。播种后按常规管理即可。9月中旬玉米成熟后，可先摘玉米穗，等绿豆收获后再处理秸秆。

④ 绿豆的套种与管理　7月中下旬，当西瓜全部摘完后立即清除瓜秧，抢时套种绿豆。每条畦埂种2行，挖穴点播。穴距20cm，每穴下种3~4粒。待绿豆出苗后长出2片真叶时定苗，每穴留2株壮苗。绿豆生育期短，且豆荚成熟期不一致，因此，应分次采摘。9月下旬（玉米穗已收获），先将绿豆荚摘净，再用秸秆还田机将豆秸与玉米秸一并就地粉碎直接还田，以增加土壤有机质。此后不久，进入下一个种植周期。

4. 效益分析

玉米、大蒜间套作菠菜、西瓜、绿豆，实现“五种五收”，综合效益好。

（五）玉米与大蒜间作

1. 分布地区和条件　大蒜适宜与多种作物间作套种，原因有三：一是植株矮，叶片窄、呈剑形，不与其他作物争光照；二是根系浅，施肥量大，残留于土壤的养分较多，有利于下茬作物生长；三是大蒜所分泌的大蒜素具有驱虫杀菌作用，能抑制其他作物病虫害的发生。大蒜间作玉米复种大白菜栽培技术是在无霜期短，热量条件一季有余，两季不足的高寒地区进行粮菜间作套种的一种高效种植模式，对于当地提高土地利用率，增加复种指数，提高农民收入具有重要的意义。

2. 规格和模式　土壤解冻10cm后，划地成带，带宽130cm。其中，玉米行带宽30cm，起垄种1行，株距20cm，保苗3.84万株/hm^2；大蒜行带宽200cm，行距12cm，株距5cm，种6行，开沟点播，播深4~6cm，保苗93万株/hm^2。

3. 技术要点

（1）土地选择　选择排灌方便、土质肥沃的地块种植。前茬为韭葱、韭、蒜类蔬菜。

（2）整地施肥　基肥结合整地施入。玉米生育期长，应多施迟效性农家肥。整地施肥要做到地平、粪匀、耙细，土壤上松下实。基肥忌用生粪和大坷垃粪，防止粪肥发热烧伤蒜母或根系。

（3）品种选择　大蒜选用当地品种乐都紫皮大蒜。蒜种大小与产量有密切的关系，播种前要选瓣，选择蒜瓣肥大，顶芽壮，无病斑的蒜瓣。玉米选用中早熟品种酒单2号、酒单3号等。

（4）播期及播量　大蒜应尽量早播，日平均气温3℃以上即可播种。一般在3月上旬播种，用种3 000~3 750kg/hm^2，播深2~3cm，玉米在4月20~25日播种。

（5）田间管理　玉米苗齐后可一次性放苗，并用土将口封严。长出 5～6 片真叶时，即可定苗，每穴留健壮苗 1 株。大蒜喜湿怕旱，播种后，除注意水气矛盾协调外，还应提高地温，以利迅速萌芽生根。退母后大蒜生长加快，应及时灌水，随水追碳铵或尿素，促苗生长。大蒜在叶片、蒜薹生长旺期，要肥大水勤，地皮发白要及时浇水，每 2 次浇水之间追 1 次速效 N 肥，整个蒜薹生长期追肥 2～3 次，追肥量 225～300kg/hm^2。蒜薹在其顶部开始弯曲，总苞下部变白时为采收适期。采薹时尽量少伤叶片，采薹后立即补充土壤水分，并追施催头肥。玉米在拔节期结合灌水穴施尿素，玉米生长后期要保证水肥的需求，至玉米成熟。防治病虫害。

（6）收获　玉米苞叶发黄，完全成熟时及时采收。大蒜蒜头基部叶片大部分干枯，上部叶片变色，植株处于柔软状态，即可收获。蒜头采收后要立即晾晒，使须根和内外蒜皮失水干缩，待假茎变软即可编辫、挂贮。

4. 效益分析　试验研究分析，混合产值达 6 万～7.5 万元/hm^2，其经济效益和社会效益显著。

（六）玉米与大葱间作

1. 分布地区和条件　广泛分布于山东、河北、河南、东北等玉米产区。

2. 规格和模式　小麦收获后，按 1m 行距挖定植沟，沟深 40cm，宽 80cm，埂宽 40cm，沟埂整平，沟内栽葱，埂上种玉米。玉米株距 20cm 左右，沟内浇透水后，定植葱苗，葱株距 3～4cm，栽植深度 10cm。玉米大约到 9 月中旬收获，大葱 11 月中旬前后收获。

3. 技术要点

（1）品种选择　大葱的品种可选用掖选 1 号、章丘大葱、梧桐大葱等适合当地种植的品种。玉米种选用郑单 958、登海 1 号、农单 5 号等中早熟、耐密植、产量高的品种。

（2）大田整地施肥　5 月底 6 月初小麦收获后，按 1m 行距挖定植沟，沟深 40cm，宽 80cm，埂宽 40cm，每亩用充分腐熟有机肥（鸡粪、猪粪）1 500kg，并拌 3% 辛硫磷颗粒剂3～5kg（主要用于防治地下害虫），碳铵 200kg，过磷酸钙 300kg，$K_2SO_4$20kg，把肥料均匀撒施在定植沟内进行深翻，翻深 20cm，并将沟埂整平，沟内栽葱，埂上种玉米。田块四周开好排水沟，以利汛期排水。

（3）大葱育苗技术

① 苗床准备　大葱忌连作，宜选用未种过大葱大蒜类蔬菜或 3 年以上轮作的土地做苗床。麦茬作物收获后，每亩施4 000kg 腐熟圈肥或人畜尿，混施 50kg 过磷酸钙作底肥。深翻整平后，做成宽 1.2m 的平畦，并取出畦土过筛堆放，备作覆土。

② 苗床管理　苗出齐后洒水，洒水后加盖细土，只要育苗期不过于干旱，应尽量少浇水，勤除草，以促进大葱苗根系生长。有蓟马、潜叶蝇等为害时，可喷 800～1 000倍液灭蚜松等药剂防治，连喷 2～3 次；葱蝇幼虫（蛆）为害大葱苗时，可用低毒低残留农药 800～1 000倍液灌根。大葱苗 2 片真叶期，若育苗畦地力较差，秧苗生长缓慢，每亩可追施 10kg 的 $(NH_4)_2SO_4$，并浇水。若秧苗生长偏旺，则不要追肥，并控制浇水，避免秧苗长得过大。一般育苗 1 份面积，可定植 8～10 份面积。

（4）抢时播种与移栽　施肥整好地后，先在埂上点播玉米，株距20cm左右，如果地干，要浇足底水，确保一播全苗，沟内浇透水后，定植葱苗，葱株距3～4cm，葱苗要求径粗0.8cm左右，苗高25cm以上，无病虫，长势健壮。栽植深度10cm。

（5）玉米田间管理　按常规管理方法，注意防治玉米病虫害。

（6）大葱栽植后管理

① 追肥培土　葱苗定植活棵后，中耕除草。若发现倒伏苗，要及时扶正。葱在间作期由于玉米遮阳，见光时间较正常栽培短，可用0.3% KH_2PO_4 和光合作用微肥叶片喷施3～4次，以促进光合作用。汛期注意清沟沥水，防涝防渍。当葱地上部分茎长到25cm以上时，进行第一次追肥培土，每亩追尿素30kg，培土高10cm；第二次追肥培土在9月中旬，追肥量、培土法同第一次；第三次追肥培土在10月中旬（收获前最后1次培土），要大垄深培，每亩追尿素30kg，培垄高度可达整个地上茎部分，整个培土期可培土40cm深，葱白长度可达50cm，葱的产量和品质将得到提高。

② 虫害防治　葱虫害主要有葱斑潜蝇、蓟马、葱蝇、根线虫等。

葱斑潜蝇成虫盛发期喷洒灭杀毙4 000倍液。幼虫为害期可喷洒25%喹硫磷乳油1 000倍液，或20%速杀丁1 500倍液，或18%杀虫双600倍液，或7.5%鱼藤氰乳油1 200倍液，或10%烟碱乳油800倍液，均能起到较好防效。对地下害虫葱蝇和根线虫，可用90%敌百虫1 000倍液喷茎叶，每隔1周喷1次，连喷2～3次。药剂要喷到植株上和葱根部地表上，以充分发挥药效。也可用20%氯马乳油2 000倍液灌根防治。对葱蓟马，可用40%辛硫磷1 000倍液进行防治。

③病害防治　主要有褐斑病、软腐病、炭疽病、霜霉病、灰霉病和软腐病等。对病害防治，主要以预防为主，选用优良抗病的品种。栽葱前除去田间杂草，剔除病苗，适时追肥浇水并注意不和其他葱类作物邻作，合理轮作。褐斑病发病初期喷洒50%速可灵可湿性粉剂或扑海因可湿性粉剂1 000倍液，也可用50%多菌灵可湿性粉剂800倍液或70%甲基托布津可湿性粉剂1 000倍液，加75%百菌清可湿性粉剂800倍液，每7～10d喷1次，连喷2～3次。软腐病的防治可用72%硫酸链霉素可溶性粉剂2 000倍液，或1 000万单位新植霉素3 000倍液或14%络胺铜水剂250倍液，视病情隔7～10d喷1次，连防2～3次。

（7）收获　玉米大约到9月中旬收获，穗壳黄熟时及时采收，并将秸秆全部运出葱地，以利于葱的追肥培土，促进葱白的生长发育。大葱11月中旬左右收获，根据市场需求，进行分级包装销售。

4. 效益分析　玉米田间作大葱高产栽培技术，可获得大葱每亩产量4 000kg、玉米每亩产量500kg的好收成。

（七）玉米与其他蔬菜间作

1. 玉米与马铃薯间作接茬秋白菜

（1）分布地区和条件　山东省胶南市西部乡镇地处平原洼地，土壤类型为壤土，土层深厚，地下水资源丰富，土壤有机质含量在0.9%左右，适宜蔬菜种植。历史上以种植小麦、玉米、大豆等粮食作物为主，多采用一年两作或两年三作。近年来，为促进农民增收，试验、示范、推广了春马铃薯间种夏玉米接茬秋白菜、一年三作三收的高效种植

模式。

（2）规格和模式　早春马铃薯于3月上旬播种，6月下旬收获。玉米4月中旬播种，8月中旬收获。白菜8月中旬播种，11月下旬收获。

（3）早春马铃薯栽培技术要点

① 选用良种　选用优质、高产、耐贮运、市场竞争力强的品种，如鲁引一号、荷兰七号、大西洋土豆等。

种薯处理：播种前15d左右，在火屋中垫好草，放上马铃薯，再盖草帘，至出现豆粒大小的芽时，停止催芽。将种薯切成单块重25g左右，顶芽至少切3块，底芽单放，每500g种薯出种块24个左右，随切随用，用拌种剂拌匀，促使伤口愈合、杀菌。禁忌晒薯块及用草木灰拌种。

② 整地施底肥　马铃薯根系和块茎的生长都需要足够的O_2。因此，要求土地平整，土壤耕作层深厚和疏松透气。土壤最好在冬前深耕，春季播种前耙细整平。基肥要求富含有机质，充分腐熟。结合整地施有机肥$30m^3/hm^2$，以腐熟的猪粪、鸡粪为主，三元复合肥750～1 500kg/hm^2、过磷酸钙750kg/hm^2、草木灰1 500kg/hm^2、K_2SO_4复合肥150 kg/hm^2，充分拌匀、捣细。

③ 播种　要做到深播种、浅覆土，即播种期一般在3月上旬，起垄栽培垄高15cm，垄宽90cm，每垄栽2行。播种沟10cm以上，按20～25cm的株距排放薯块，播种6.75万～7.50万株/hm^2，覆土3～5cm厚。随后喷洒杜尔或拉索除草剂，上覆地膜。

④ 播种后的管理　发芽期不浇水，幼芽顶膜时，及时破膜。出苗至团棵期应紧密配合马铃薯苗期短促和生长快这一特点，力求早施速效N肥，可施尿素225～300kg/hm^2，紧接浇水以促进发根和发棵。团棵至开花，浇水与中耕应紧密结合，土壤不旱不浇，进行中耕保墒。结合中耕逐步培土，植株拔高即将封垄时进行大培土。培土时应注意不埋没马铃薯的功能叶。结薯期是块茎产量形成的重要时期，土壤应始终保持湿润，开花期重点浇好“三大水”，即“头水紧、二水跟、三水浇了有收成”，雨天则要及时排水。

⑤ 综合防治病虫害　栽培中坚持“预防为主、综合防治”的方针，以生产无公害马铃薯为目标，用药以生物农药、残效期短的农药为主，保证产品品质。防治晚疫病用72.2%普力克600倍液或72%克露600倍液喷雾，交替使用，连喷2～3次；防治疮痂病用新植霉素4 000～5 000倍液，隔7～10d喷1次，防治2～3次。防治蚜虫采用虫螨克1 500～2 000倍液或10%扑虱灵1 000倍液喷雾；防治地老虎、蛴螬，结合人工捕捉可用毒饵诱杀，用80%～90%敌百虫晶体1.2～1.5kg/hm^2，加少量热水融化后，与60～75 kg/hm^2炒香的棉籽饼、菜饼或大豆拌匀，于傍晚撒施于土豆根部地表诱杀。

⑥ 适时采收　马铃薯一般于6月下旬收获。选择晴天、土壤适当干爽时收获，收获时避免薯块损伤。

（4）玉米栽培技术

① 品种选择　选用生长期短、抗病力强的品种，如鲁单50、农大108等。

② 适时播种　4月中旬在马铃薯沟内种植2行玉米，小行距30cm，株距22cm，栽培4.50万～5.25万株/hm^2。

③ 田间管理　玉米苗期深中耕松土，既促进根系生长，培育壮苗，又防止倒伏。为

避免植株生长过旺，在玉米拔节后结合追肥进行3次中耕松土。第一次在开始拔节时进行，中耕深度在10～12cm；第二次在小喇叭口期结合追肥浇1次水；第三次在玉米的大喇叭口期（12～13片叶）追肥375～450kg/hm^2，在距植株15～20cm处开沟，深10～12cm，施肥后覆土盖严。玉米在小喇叭口至大喇叭口期间，正是玉米螟的发生时期。穗期一般使用药剂灌注雄穗及蘸花柱的方法防治。用药剂灌注雄穗时，常用的药剂有25%杀虫双水剂500倍液、0.5%的阿维菌素1 000倍液、5%的氯虫脲（卡死克）乳油2 500倍液。

（5）秋白菜栽培技术

① 品种选择　选用抗病抗逆性强、耐贮运、产量高、品质佳的品种，如87-114、改良3号等。

② 整地施肥　施腐熟的优质有机肥45t/hm^2，磷酸二铵450kg/hm^2，过磷酸钙1 500 kg/hm^2，N、P、K三元复合肥600～750kg/hm^2，耕翻后耙细、耙平、起高垄，垄高15～20cm。

③ 适时播种　选择适宜的播期，中晚熟品种在山东胶南一般8月15日前后播种，以穴播为主，株行距55cm×65cm，播种2.7万株/hm^{2}左右。

④ 田间管理　合理施肥，适时间苗、中耕、除草；适时浇水，莲座期见干见湿，结球期保证水分的充分供应，一般每7～8d浇1次水，并追尿素225kg/hm^2，收获前7～10d停止浇水。

⑤ 病虫害防治　做到预防为主、综合防治，以农业防治、生物防治为主。

（6）效益分析　一般马铃薯产量37.5t/hm^2，产值1.95万元/hm^2；玉米产量7 500 kg/hm^2，产值1.2万元/hm^2；白菜产量90t/hm^2，产值3万元/hm^2；3季合计产值达6.15万元/hm^2，扣除各项成本，纯收入达4.5万元/hm^{2}以上。该模式增加了单位面积效益，提高了土地利用率，取得了良好的效果。

2. 玉米与胡萝卜、油菜间套作

（1）分布地区和条件　一年三熟间套种的种植模式，既提高了复种指数，又提高了土地利用率，有效地缓解了人多地少的矛盾。

（2）规格和模式　采用双行点播，每公顷6万～6.15万株，行距120cm，株距40cm，每塘留2株。

5月上旬播种玉米，在玉米乳熟期套种一茬萝卜，萝卜进入肉质根膨大期后，再套种一茬油菜，最终实现一年三熟。

（3）技术要点

① 玉米高产栽培技术

整地：选择肥沃、疏松的地块，做到墒平土细，施足底肥，每公顷施腐熟农家肥15～22.5t、普钙450kg、复合肥225kg。

选择良种：选择适宜大面积种植的优质、高产、抗病品种北玉16、长城799、强盛一号等。

适时早播：夏播于5月上中旬为宜，每公顷大田用种量37.5kg。

合理施肥：玉米是需氮量最大的粮食作物之一，根据土壤肥力及品种特性，在施足底

肥的基础上巧施追肥。追肥分3次施用，即4叶期每公顷用尿素150kg加水浇施作第一次提苗肥；6～7叶期根据苗情每公顷用尿素375kg加水浇施作第二次提苗肥；大喇口期（9～11叶）每公顷用尿素300kg结合培土施拔节肥。

病虫害防治：用甲基托布津、粉锈清、丙环唑和硫磺唑等防治玉米锈病、大小斑病、纹枯病等；用功夫、敌杀死、绿地虫清等防治玉米蚜虫、黏虫和地下害虫等。

② 萝卜高产栽培技术

品种选择：选用优质、抗病、商品性好的品种种植。

套种时期：于8月10日前后直播于玉米一侧，3～4粒点播，留单株，萝卜与玉米比为7∶3（7行萝卜、3行玉米），行距30cm，株距25cm，每公顷种植9万～9.75万株。

播种技术：种子要播得稀密适度，每公顷播种4.5～6kg。播种结束后，每公顷用细粪土12t、普钙225kg、K_2SO_4 300kg、硼砂30kg、绿地虫清45kg拌匀盖塘。

间苗定苗：第一次间苗在2～3片叶时，拔除小苗、病弱苗；5～6片叶时进行定苗，每塘留苗1株。

追肥：根据土壤肥力和生长状况确定，一般在苗期、叶生长盛期以追施N肥为主，每公顷施尿素225kg；肉质根生长盛期应多施P、K肥，每公顷施普钙300kg、三元复合肥375kg。

病虫害防治：用溴氰菊酯、功夫、Bt、吡虫啉等防治萝卜蚜虫、菜螟、小菜蛾和菜青虫等；用金雷多米尔、杀毒矾、72%农用链霉素和百菌清等防治霜霉病、黑腐病和根肿病等。

适时采收：收获过早影响产量，收获过晚易出现糠心。一般在播种后80d左右，根据市场需用，加工成萝卜丝或萝卜条，晒干后贮藏待售。

③ 油菜高产栽培技术

品种选择：选用优质、抗病、高产的花油3号、花油4号和A35为套种品种，上述品种具有株型紧凑、出油率高、植株分枝强等优点。

育苗移栽：于10月中旬套种油菜移栽苗。选择靠近水源、土层深厚、前作是非十字花科作物的田块作为苗床。

播种要精细整地，播种均匀，每平方米苗床施腐熟农家肥10kg、复合肥15g、普钙10g、硼砂2g、$K_2SO_4$5g，每平方米用种量20～30g，播种后浇透水，并盖上松毛。出苗后，要及时间苗。

苗龄在30～35d，4～5片叶时即可移栽。大田整地时每公顷用腐熟农家肥15～22.5t于翻犁前施入。然后南北向拉线开沟条栽，在定植沟内每公顷施复合肥225～300kg或尿素525～600kg、普钙375～600kg、K_2SO_4 120～150kg作基肥。取苗时要求提前浇透苗床水，减少根系损伤，取苗时要拔大小一致的苗，以便栽后管理。栽植时要做到不露根，栽稳培实土，边栽边浇定根水。

田间管理：及早追施苗肥，一般移栽后7d左右，每公顷施碳铵450～525kg或尿素225～300kg、硼砂30kg，加水浇施。施薹肥一般在油菜11～12片叶时，看苗施肥，如果叶片浓绿肥大，可减施或不施；叶色淡绿，叶小，应早施多施，每公顷施碳铵225～300kg。同时，每公顷喷施多效唑75～150g培育壮苗，防止后期倒伏。在抽薹期、初花

期、盛果期和青角果期，一定要及时灌水，以满足油菜生长发育需求。

初花期对植株薹茎长势差、叶色发黄的地块补施花肥，每公顷用 KH_2PO_4 1.5～3kg 作根外追肥，对提高千粒重、粒数和角果数有显著效果。

病虫害防治：对油菜为害性较大的病害有霜霉病、白锈病、菌核病等，可选用金雷多米尔、70%甲基托布津、多菌灵等防治；虫害主要有斑潜蝇、菜青虫和蚜虫等，可选用1.8%阿维菌素乳油、2.5%溴氰菊酯乳油和50%抗蚜威等防治。

（4）效益分析　玉米—萝卜—油菜，即在每年5月上旬播种玉米，在玉米乳熟期套种一茬萝卜，萝卜进入肉质根膨大期后，再套种一茬油菜，最终实现一年三熟。该种植模式最终可获得每公顷产值5.55万～6.75万元。

3. 玉米与香菜（芫荽）间作

（1）分布地区和条件　茬口最好的前茬作物是豆科的大豆、菜豆，瓜类的黄瓜、冬瓜、南瓜，茄果类的番茄、马铃薯、辣椒和茄子等。这类蔬菜前茬地施肥量较多，肥力较高。粮食作物前茬地次之。大蒜种植3年以上的应倒茬。

（2）规格和模式　在60cm宽的大蒜种植带上，按行距20cm、株距10cm种植4行大蒜，采用开沟摆放的方式，沟深5cm。秋季种植大蒜，每亩保苗3.5万～5万株。玉米采取单行种植，在大蒜种植带之间20cm的空行内，与大蒜左右各间距10cm，点播1行玉米，株距30cm，每亩用种量2.5～3.5kg，每亩保苗3 000株左右，在玉米与大蒜之间空行内撒播香菜，每亩用种量2.0～2.5kg。

（3）技术要点

① 品种选择　大蒜品种以抗旱能力强、休眠期短、早熟高产、抽薹早、蒜头蒜瓣肥大的薹、瓣兼用型紫皮大蒜为主，如陕西蔡家坡大蒜、天津宝坻六瓣蒜、江西都昌红蒜、辽宁海城紫皮蒜、马牙红，青海民乐大蒜、甘肃成县紫皮大蒜等。玉米以中早熟品种为主，如郑单958等。香菜以耐寒性强、适应性强、香味浓的小叶小粒型绿叶香菜为主，如天津香菜、莱阳香菜、北京香菜等。

② 茬口安排　大蒜播期为秋播，一般在9月中下旬以气温稳定在20～22℃时播种为宜。播种过早，易出现复瓣蒜，播种过晚，冬前生长时间短，植株太小，易受冻害。翌年5月上旬在大蒜种植带之间的空行内点播玉米，8月中下旬在玉米行内套种香菜。

茬口选择：大蒜最忌与辛辣蔬菜连作。

③ 播前准备　蒜种播前处理将蒜瓣按大于5g（每千克50瓣），3.5～5g（每千克50～75瓣）、2.5～3.3g（每千克75～100瓣）的大、中、小瓣分级，不去皮，放在光硬潮湿的地面，用水喷湿翻匀，晾置3d后即可播种。或用“潮蒜催醒”法，即在播前15～20h，将选好的蒜瓣放入水中浸一下，然后放在潮湿的窖里，均匀铺开，厚7～10cm，每隔3～5h翻倒一次，保持温度在11～16℃，相对湿度83%，15h后发出新根即可播种。每亩用种量120～150kg。

玉米种子处理，使用包衣种子或用辛硫磷、甲基硫菌灵拌种。

香菜种子在播前应先把其果皮用力搓开，切忌搓碎种子，以避免发芽慢和出双苗，影响单株生长。

④ 整地施肥　地块选择与整地：由于是3种作物间作套种，故应选择排灌便利、土

壤结构好、土质疏松、保肥保水性强、有机质含量高的肥沃土壤，最好是沙壤土，壤质土次之。前茬作物收获后，及时清除植株残体，以减少病虫害的发生，随即趁墒浅耕 15cm，晒地 15h 左右，然后连续耙细整平。

施肥：秋播大蒜生长期长达 240d 左右，覆盖地膜后不便追施农家肥，而且又是间作套种，因此，施入足量基肥是获得高产的基础。一般每亩需施入充分腐熟的农家肥10 000 kg、过磷酸钙 50kg、三元复合肥 25kg，或大蒜专用肥 50kg。

⑤ 田间管理　大蒜在播种后立即浇水，促进新根生长。7d 后浇 1 次催苗水，苗齐后浇 1 次出苗水。大蒜二叶一心、苗高 5cm 左右时覆膜，边覆膜边放苗。越冬前浇 1 次防冻水，结合浇水每亩施入腐熟农家有机液肥 2 000 kg。4 ~ 5 片叶时每亩用尿素 250g、$KH_2PO_4$450g 加水 40 ~ 50kg，进行叶面追肥，促使早抽薹。在植株 1 ~ 4 片叶出现黄叶时，结合浇水每亩施速效 N 肥 15 ~ 25kg 和速效 K 肥 15kg，分两次施入。根据墒情适时灌水，采薹前 3 ~ 5d 停止浇水，以利于采薹。抽薹结束后，重施追肥，亩施尿素 18 ~ 20kg。

玉米出苗后应及时中耕除草、松土，促其早发棵。结合浇水每亩追施尿素 8 ~ 10kg。6 月上旬大蒜收获后，结合中耕培土每亩追施尿素 20 ~ 25kg，大喇叭口期进行化控、化防、防倒和防虫。

香菜在播后浇施 40% ~ 50% 的腐熟农家有机液肥。定苗前不浇水，定苗后及时浇 1 次稳苗水。9 月下旬玉米收获后，结合浇水每亩施尿素 15kg。在收获前 7 ~ 10d 用 20 ~ 25mg/L 赤霉素喷雾，可起到增产和促进茎叶翠绿，提高香菜品质的作用。如发生徒长现象，可用 15 ~ 30mg/L 的 B_9，进行叶面喷雾，以抑制植株生长，促进茎秆粗壮、直立、叶色浓绿，提高商品性。

（4）效益分析　大蒜—玉米—芫荽（香菜）间作套种模式每亩可产蒜薹 1 800 ~ 2 000kg，收益 4 320 ~ 4 800元，蒜头 1 000kg，收益 1 500元，大蒜总收入 6 300元。每亩可产玉米 800kg，收益 1 200元。每亩可产芫荽 1 500 ~ 2 000kg，收益 3 000 ~ 4 000元。全年累计每亩收益为 11 500元。

4. 玉米与西芹间作

（1）分布地区和条件　西芹喜凉怕热，越夏栽培很难成功。利用高温期玉米遮阳可越夏生产西芹。

（2）规格和模式　土地深翻后整成平畦，畦宽 1m。在畦垄上种玉米，畦内种植西芹。玉米于 4 月下旬定植于畦垄上，行距 1m，株距 10cm。西芹越夏栽培一般 5 月上中旬育苗，7 月初定植。栽培密度为株距 16 ~ 20cm，行距 10 ~ 25cm，一般亩栽 13 000 ~ 15 000株。

（3）技术要点

① 品种选择　西芹选择“千芳”，是由台湾省农友种苗有限公司培育的一代杂交种。该品种抗病耐热性强，纤维少，品质脆嫩清香。株高 65 ~ 70cm，全株重 1kg 左右，较适合越夏栽培。

玉米选择农大 108、郑单 958 等植株长势旺、株型高的品种。

② 整地做畦　首先要施足底肥，亩施腐熟鸡粪 3 ~ 5m^3 或烘干鸡粪 1 000 ~ 1 800kg，二铵 50kg，K_2SO_4 20kg，硼砂 1kg（芹菜缺 B 易发生劈裂），土地深翻后整成平畦，畦宽

1m，畦成南北方向，南高北低，以利于排灌。畦长不可超过20m，以利于通风。

③ 培育壮苗

苗床准备：西芹出苗困难，应注意育苗地块的选择。苗床要设在地势高，排灌方便，土地疏松肥沃的地段，土质黏重的可加腐熟有机肥加以改良。

播种季节：西芹越夏栽培一般5月上中旬育苗，7月初定植。

浸种催芽：用清水浸泡18～20h，中间换水一次，将种子淘洗干净，晾去表面水分，用毛巾或纱布包裹好，置于15～20℃的环境中催芽。每天用清水淘洗一次，一般第三天开始发芽。当种子露白达60%～70%时即可播种。为了促进种子发芽可以采用800～1 600mg/kg高浓度赤霉素浸种，或采用变温催芽的方式，即浸种后在15～18℃的条件下12h后将温度升至22℃，再过12h，将温度降至15～18℃。

播种育苗：先将苗床浇透底水，水渗下后在苗床撒过筛土，而后播种。西芹的种子千粒重较小，每平方米播2g种子即可。为使种子撒匀可掺少许细沙，分两次将种子撒于苗床，播种后覆土，厚度为1cm左右。

苗期管理：出苗后幼苗生长缓慢，苗床杂草会造成为害，可用50%扑草净进行防治。在苗子长至一片真叶时，进行第一次间苗，使苗距在1cm左右，两片真叶时，进行第二次间苗，保持苗距2cm左右。苗期注意防疫病，两叶一心后每隔5～7d喷一次普力克、杜邦克露等防治。苗期要保持土壤湿润，防止土壤板结，影响出苗。

④ 定植　玉米于4月下旬定植于畦垄上，行距1m，株距10cm，尽量减小株距以加大遮阳效果。

西芹幼苗长至3～4叶，株高10cm左右时定植，一般苗龄50d左右。定植应在15时以后进行。选用大小基本一致的壮苗，栽苗深度以短缩茎（即出叶处）埋入土中1cm为宜，切不可过深把新叶埋入土中，影响生长，栽培密度为株距16～20cm，行距10～25cm，一般亩栽13 000～15 000株。为了减少移苗时伤根，定植前一天下午或定植当天中午，苗畦要浇透水。苗要分次拔，先拔大苗定植留小苗继续生长，每次拔苗后都要浇水使土壤紧实，有利于苗子进一步生长。

⑤ 田间管理　肥水管理：定植前3～5d灌水造墒，隔日中耕松土，保持土壤湿润，以利缓苗。栽后立即浇小水，隔1～2d浇第二水，并随水冲施K_2SO_4和尿素5kg。地不黏时进行一次浅中耕，蹲苗一周左右。随气温上升，管理上要以控为主，并加强中耕划锄。当新叶大部分长出时，芹菜生长速度加快，对水肥需求量大，这时要水肥齐攻，可每亩施$(NH_4)_2SO_4$ 15～20kg，10d后再随水施肥一次。8月下旬玉米收获后，温度下降正适合芹菜生长，芹菜进入生长旺季，要每亩随水施K_2SO_4复合肥30kg。

⑥ 常见病虫害的防治　疫病：前期高温高湿易发病。可喷施杜邦可露、代森锰锌、杀毒矾等防治。

纹枯病：通风不良湿度大时易发病。最好在上午用百菌清或速克灵防治。

干烧心：缺钙引起。可喷施$CaCl_2$，最好在施肥时补充Ca肥。

蚜虫：可喷施吡虫啉或灭扫利预防。

⑦ 采收　一般在定植后80～90d采收，过晚采收影响品质。采收时，用快刀将西芹根部地面下1cm处平切下即可。

（4）效益分析　西芹玉米间作高效栽培模式，玉米亩产400kg，收入400元。

西芹亩产10 000kg，收入3 000元，除去成本，亩纯收入在2 800元左右。

5. 玉米与结球甘蓝间作

（1）分布地区和条件　玉米—甘蓝高效粮菜栽培模式，分布于春播玉米区。

适宜有灌溉条件、肥力中上等的地块推广种植。

（2）规格和模式　一般在4月初趁土壤墒情好时覆地膜，4月中下旬或5月初定植。每播幅3.8m，其中，40cm种植双行玉米，直播，株距25cm，每亩种4 800株；剩余3.4m每1.7m开墒，栽4行结球甘蓝，规格35cm×30cm，沟宽30cm。3~4月育苗。每亩需准备菜苗5 000~6 000株，即160孔盘10~11盘，每亩定植结球甘蓝5 500~6 000株。

（3）技术要点

① 选择适宜品种　结球甘蓝有春、夏露地栽培和秋冬后栽培，不同的栽培季节宜选用不同的品种。春夏露地栽培宜选择抗病、丰产、优质、耐热的甘蓝品种极早2号、超早2号、绿宝石2号。玉米选用中矮秆紧凑型品种，如长城799、云瑞8号、路单8号等。

② 合理密植　采取先种玉米后套作结球甘蓝的方法。间作套种能够合理配置作物群体，可使玉米—结球甘蓝高矮成层，相间成行，有利于改善作物的通风透光条件，提高光能利用率，充分发挥边行优势的增产作用，做到“一劳多得”。结球甘蓝忌连作，要选择前茬以萝卜地为最好。

③ 科学施肥　结球甘蓝基肥亩施农家肥1 000~1 500kg，复混肥N、P、K（15∶15∶15）50kg；提苗肥亩施尿素25~30kg；结球甘蓝莲座时适当控制浇水，莲座后要保持土壤湿润。玉米按规格开好施肥沟后亩施农家肥2 000kg，尿素20kg，复混肥30kg合墒；提苗肥亩施碳铵40kg，揭膜后玉米10叶1心，结合培土亩施尿素40kg，复混肥20kg。

④ 病虫害防治　玉米的主要病害有锈病、大叶斑病、小叶斑病、穗腐病等。可用20%三唑酮加60%甲基托布津进行防治，每隔7d喷1次，连喷2~3次。害虫主要有蚜虫、螟虫、烟青虫等。可用40%吡虫啉加2.5%敌杀死乳油喷治。

结球甘蓝主要虫害有小菜蛾、菜青虫等。可用20%龙多或25%丁醚脲喷雾防治。病害主要有褐斑病（黑斑块），宜选用含铜制剂的杀菌剂如40%可杀得、泉程等喷雾防治。

⑤成熟采收　玉米一般后熟，6月初可提早采收结球甘蓝，分1~3次采收完结球甘蓝，而对生长期长的玉米，可延迟采收。结球甘蓝收后可翻挖整理土地继续套种荷兰豆或萝卜等作物。

（4）效益分析　地处滇中腹地的通海县蔬菜种植历史悠久，结球甘蓝的种植面积已超过2万亩，产量达9万多t。为了提高土地资源利用率，从而达到增产增收的目的，探索创新了“玉米—甘蓝”高效粮菜栽培模式，发展较快，经济效益相对较高，亩产值达5 000~6 000元。

6. 玉米与豇豆间作

（1）分布地区和条件　分布于西部两熟区。要求土层深厚，肥力中上等，排灌条件好。

（2）规格和模式　行株距为（40~80）cm×25cm，玉米豇豆每亩保苗均为4 000株。

玉米播种期为4月25日前后。豇豆播种期为7月7日左右。

（3）技术要点

① 品种与播量　玉米品种为KW9384，豇豆品种为黑眉1号。玉米播种量为2kg/亩，播深5～6cm，点播机播种，地膜覆盖。豇豆播种量为1.6kg/亩，人工点播。

② 施肥量　播种前亩施农家肥2 000kg、磷酸二铵20kg、三元复混肥15kg和尿素8kg作基肥。头水前结合中耕除草，亩施尿素20kg作追肥。豇豆点播前亩施复合肥20kg、$K_2SO_4$10kg。

③ 田间管理　中耕除草2次。第二次结合定苗进行。头水、第二水以玉米需水为主。头水前揭膜，后期灌水根据地块墒情及豇豆对水的需求，合理灌溉。

地老虎幼虫3龄前用2.5%的敌杀死2 500倍液喷雾防治。在玉米大喇叭口期用B_2菌剂（白僵菌）灌心可有效控制虫害。

（4）效益分析　新疆伊宁县近几年来大力推广玉米间作蔬菜栽培技术，前期玉米可提前成熟，后期豇豆可作为反季节蔬菜上市，取得了良好的经济效益。玉米平均亩产720kg，单价1.8元/kg，收入1 298元。豇豆平均亩产1 000kg，单价2元/kg，收入2 900元。玉米间作豇豆亩成本850元，利润2 448元。

7. 玉米与番茄间作

（1）分布地区和条件　分布于夏玉米区。

（2）规格和模式　麦收后采用宽窄行穴播玉米，宽行70cm，窄行45cm，穴距50cm。7月底到8月初，在玉米宽行距植株10cm处开沟定植番茄，株距25cm，亩栽4 630株。

（3）技术要点

① 选择适宜品种　番茄品种选择西安中丰和86-2。该品种为有限生长型，中早熟，大红果，果色鲜艳，果皮厚，耐贮运，抗烟草花叶病毒，而且果实成熟集中。亩产量5 000～7 000kg。玉米选择竖叶形中早熟品种掖单13、掖单19等。

② 培育壮苗　番茄亩用种100g，用10% Na_3PO_4浸种。6月底播种育苗，苗床30m^2，施充分腐熟有机肥300kg，$(NH_4)_2HPO_4$1.5kg，呋南丹100g，多菌灵100g，深翻后做成1.2m宽畦，浇水后播种。畦上盖四边通风式塑料小拱棚，遮阳防雨。3～4片真叶分苗。子叶展平、2片真叶、3片真叶期各喷植病灵700倍液一次，苗龄25～30d，即可定植。

③ 适时定植　小麦收后，及时采用宽窄行穴播玉米，宽行70cm，窄行45cm、穴距50cm。7月底到8月初，当玉米株高1m左右时，在宽行间亩施优质圈肥3 000kg，$(NH_4)_2HPO_4$40kg，尿素25kg（二铵和尿素不宜离玉米太近），深翻整地（以不伤玉米根为宜）。在玉米宽行距植株10cm处开沟定植番茄，株距25cm，亩栽4 630株，定植后浇定植水。

④ 定植后管理　肥水管理：定植缓苗后浇一次缓苗水，待地皮发白在玉米宽行提土为番茄培土封垄。第一穗果1～2个，果实枣子大小时，可浇第二遍水，亩冲施碳铵50kg。第二穗果膨大时浇第三遍水，亩冲尿素30kg，生育期共浇水3～4次。

整枝绑蔓：番茄单干整枝，留3～4穗果。待玉米授粉后，在玉米穗上部留二片叶，将雄穗全部削掉，玉米植株下部可适当疏叶。然后把玉米每两株向窄行一侧捆成“人”字形架，篱笆架横杆平绑在玉米秆上。根据番茄高度一般可绑两架。

疏花疏果：每株留3～4穗果，每穗留3～4个果，多余花果疏去，使养分集中以提高产量。植株生长后期，去掉下部的枯黄叶片和病叶，以利通风和减少病害发生。

果实催熟：番茄9月下旬开始上市，麦播前拉秧，霜降前青果采用乙烯利催红，集中销售。

病虫害防治：秋番茄主要病害有病毒病、早疫病和晚疫病，虫害有棉铃虫和蚜虫。定植缓苗后喷病毒必克700倍液，7～10d喷一次，防治病毒病。当第一穗果坐住后，喷洒病毒必克和雷多米尔各一次，防治病毒病和疫病，7～10d喷一次，共喷3次。在第一穗花的盛期和立秋前，喷8 000～10 000倍液速灭杀丁，防治棉铃虫和蚜虫。5～7d喷一次，连喷2次。

（4）效益分析

① 番茄病毒病发病率显著降低　番茄夏玉米间作套种，显著降低番茄病毒病发生。间作番茄病毒病病株率平均为4.5%，病情指数为5.8；而对照番茄病株率平均为41.3%，病情指数为32。间作比对照病株率降低36.8%，病情指数下降26.2。

② 明显改善了番茄生长的田间小气候条件　7月底至8月初，玉米8～9片展叶，株高1m以上，番茄定植，玉米植株起到了良好的遮阳、降温效果。据1996年8月12日14～15时30分测定，间作番茄行间平均气温为34.7℃，光照为5.15万lx，空气湿度58.5%；而对照平均气温为38.7℃，光照7.85万lx，空气湿度为48.5%。因此，与露地定植相比，番茄、玉米间作明显改善了番茄生长的气候条件，使番茄定植后不缓苗，幼苗生长健壮。

③ 番茄施肥量的增加，促进了玉米增产　番茄定植前，在玉米宽行施入大量优质有机肥及二铵、尿素等作底肥，此时正值玉米营养生长和生殖生长旺盛时期，也是决定玉米穗大粒多的关键时期。另外，番茄第一穗果追施膨果肥时，正是玉米籽粒灌浆时期，能一肥多用，提高了肥料利用率，促进了玉米增产。

④ 节约投资，省工省时，增产增效　番茄利用玉米秆作篱笆竖架，每亩节省投资200元，而且由于番茄苗定植后不缓苗，苗期比对照减少浇水2～3次，又节约了用水投资，弥补秋淡季蔬菜供应不足和解决粮菜争地矛盾，增加农民收入。洛阳市偃师、伊川等地区进行番茄与夏玉米间作套种，使番茄亩产量达到4 040kg，产值4 400元，比番茄单作亩产量2 890kg增产39.8%，增加收入1 250元，玉米亩产量达到350kg，经济效益和社会效益十分显著。

8. 玉米与魔芋间作

（1）分布地区和条件　魔芋喜中性和酸性土壤，要求土层深厚、肥沃、有机质含量高、疏松、经常保持湿润但无积水的壤土或沙壤土。

（2）规格和模式　当气温回升至15℃左右时播种。整地，做排水沟。畦宽1.3m，高30cm，排水沟宽30cm。畦面两边开沟种玉米，玉米行距1m，株距15cm。玉米行间种两行魔芋，行株距均为40cm。

（3）技术要点

① 整地　用1t腐熟有机肥、15kgP肥、10kg尿素和适量敌克松拌土，撒一部分在地面，深耕细耙，使地面平整无石块、根茬、杂草，然后按易排水方向制作排水沟。沟宽

30cm，畦宽 1.3m，畦上开沟施肥，沟内深翻施肥。

② 种芋的选择和处理　选芋龄较小，表皮光滑，无皱裂、疤痕、伤烂、霉变的 200 ~ 500g 的小块茎作种，在播种前 15 ~ 20d，将种芋置于温室中，用沙土、草帘盖严进行催芽。为了减少种芋带菌，可用 25% 多菌灵 500 倍液浸种 2 ~ 6h，然后将种芋平铺在地上，让太阳暴晒 1 ~ 2d，进一步利用阳光杀死部分病菌，并加速种芋养分的转化，提高发芽率，加速出苗。

③ 种植方式　首先在畦面两边开深 15cm 的沟，种 2 行玉米。一般平地垄作，坡地穴植。

④ 排水与灌溉　苗期植株矮小，所以需水不多，只要经常保持土壤湿润，以利扎根即可。7 ~ 8 月份是块茎膨大盛期，植株高大，蒸腾作用旺盛，需水量大。如果此时气候干旱，宜在早晨或傍晚及时灌水，严防植株失水萎蔫。入秋后，气温日渐降低，需水量减少，可以少灌或不灌。但切勿过分缺水，以防叶片早衰。魔芋怕渍，雨天要注意排水。

⑤ 除草与培土　魔芋为浅根植物，很少中耕，尤其不宜深耕，防止伤根。有草时要随时拔除。为了防旱防涝，增大土壤温差，应结合施肥，及时向植株培土。为促进植株生长，延长叶片寿命，除施足基肥外，要适时分期追肥。出苗后，亩施尿素或 $(NH_4)_2SO_4$ 15 ~ 20kg，浅中耕，松土保墒。6 月下旬为地上部旺长期，亩施复合肥 20kg，施后培土。9 月上旬，亩施 $(NH_4)_2SO_4$ 15kg，防止早衰。

⑥ 其他　玉米遮阳过度会使魔芋光合作用降低，导致生长弱，所以，后期需将玉米中下部的叶片剪除一些。注意及时防治病虫害。

(4) 效益分析　魔芋忌强烈持久的直射光，魔芋的光饱和点低，光照过强，超过饱和点，则光合作用效率下降。同时，环境温度的上升，还会引起叶部灼伤，加重病害。所以，魔芋与玉米等高秆作物或林木间作，既可满足魔芋遮阳的要求，又节约土地，土地利用效率高，效益好。

9. 玉米与菇耳间作

(1) 分布地区和条件　分布在东北玉米产区。要求有灌溉条件。适宜劳动力资源较富裕的地区推广。

(2) 技术要点

① 品种选择　菇耳菌种以选用中高温型的较好，如佛罗里达，毛木耳可以选用新 781、782、黄背木耳等。玉米种以选用紧凑型、叶片上冲、高株抗倒伏、生育期 110 ~ 120d 的品种为宜。

② 田地选择　以选用洪涝时能排，干旱时能灌的肥沃沙壤土为宜。还应施足底肥，深耕细作整平地面。

③ 田间设计　玉米条幅宽 40cm，长 10m 以上。每条幅种植玉米 2 行，株距 10cm。平菇畦沟宽 40cm，人行道宽 40cm。待玉米拔节后期，要在离开地面 30cm 以上，用细铁丝横拉住玉米秆，然后将耳袋悬吊在细铁丝上。

④ 菇耳播种　应当安排在玉米拔节的后期，使出菇耳期与玉米达到遮阳高度的时期相吻合。菇耳可选用袋栽法或瓶栽法。培养料可就地取材，棉籽壳、杂木屑、玉米芯均可

利用，但必须新鲜、无霉。其用量均为78%，另外再添加P肥，生石灰各1%，麦麸或米糠20%、多菌灵0.2%。pH值5~6，拌料后含水量为65%~70%。料拌好后即可进行接种，室内发菌培养，待菌丝生长成熟后，将平菇开袋或开瓶埋入菇畦，而后覆盖5~10cm厚的湿润细沙土，再喷一次大水。耳袋菌丝成熟后，每袋用刀片切开呈“V”形或“S”形的5~10个孔，挂在细铁丝上，再向耳袋喷水，增大玉米行间空气湿度。

⑤ 田间管理　为确保玉米增产，在玉米吐小喇叭口期，适量追施尿素或 $(NH_4)_2SO_4$ 一次，其他管理同大田。平菇喷大水后，可诱导大量菇蕾，出菇后2~3d即可采收。耳片伸展后，每天早晚喷水1~2次，相对湿度控制在90%~95%。当耳片颜色由红褐色转淡，耳片充分舒展时即可采收。第一茬菇耳采收后即可清理菇床，再行喷水管理，一直到玉米收获。

（3）效益分析　玉米条幅间的温度、湿度、光线和通风等生态条件可满足菇耳生长发育的需要。加之菇耳、玉米间的互惠作用，能达到菌粮双丰收的目的，可比单种玉米的经济效益提高8~10倍，是农民致富的一条新路。

二、其他粮食作物与蔬菜作物间作

（一）小麦与西瓜等多种作物间作

1. 分布地区和条件　分布于麦棉两熟区。

2. 规格和模式　该技术生产周期以小麦播种划界，轮作周期2年。当年10月20~30日播种小麦，翌年4月下旬移栽西瓜，5月上旬移栽棉花，6月初收获小麦，7月下旬收获西瓜。随后于8月上旬定植西葫芦或西兰花，10月20~25日收获棉花，收获后播种小麦。西葫芦或西兰花收获后成为翌年西瓜栽培带。

3. 技术要点

（1）小麦栽培技术　前茬棉花于10月20~25日拔棉柴后，及时耕翻整地。拔棉柴后整地前，一般每公顷施有机肥30 000kg、尿素135kg、$(NH_4)_2HPO_4$ 300kg、K肥150kg或小麦配方肥680kg，耕地前均匀撒施于地表，随耕翻掩底。当年10月下旬播种小麦。小麦选择弱春性、矮秆早熟高产品种，如周麦16、周麦22、百农矮抗58等。播种11~12行小麦，行距20cm，预留1.3~1.5m西瓜、棉花行空当。小麦播种量160~200kg/hm^2。11月下旬至12月上旬用杜邦巨星喷施麦田，防除麦田杂草。翌年春季，对小麦返青期单株分蘖少、长势弱的麦田，及早追施返青肥，每公顷可追施尿素165~185kg；对长势好的一类麦田，重点抓好拔节期的肥水管理，每公顷追施尿素180~195kg。4月下旬，结合西瓜、棉花移栽，浇好小麦孕穗水，有利于小麦灌浆，后期抗御干热风和提高西瓜、棉苗移栽成活率，缩短缓苗期促苗早发。4月下旬至5月初，每公顷用20%三唑酮1 050g，加10%吡虫啉粉剂300g及 KH_2PO_4 2.2kg加水750kg混合液喷施，7d后补喷1次，可防治小麦蚜虫、小麦锈病、白粉病和预防小麦干热风，提高小麦千粒重。

（2）西瓜栽培技术　预留的西瓜、棉花行冬季深翻冬凌，改善土壤理化性质，增加土壤保水性和渗透性。4月上旬，要对土壤进行第二次中耕，深施腐熟有机肥，一般每公顷施鸡粪4 500kg、饼肥1 200kg，化肥过磷酸钙750kg作底肥，挖沟深25cm把肥料均匀

施入，及时整地，将肥料与土壤混合后封沟整平。在预留空当中以中线为界，两边分别起垄，于移栽前7d垄面每公顷喷施48%拉索乳油2.2～3kg，加水750kg进行喷雾，然后平铺地膜，防除杂草，增温保温。西瓜品种选用市场适销的优质高产抗病、适应性广、耐贮运的无籽西瓜品种，如农康极品黑皮王、农发3号、豫星无籽等。3月下旬，西瓜营养钵育苗，4月下旬移栽，在覆膜后的垄土上打孔移栽西瓜。西瓜垄距0.4～0.5m，株距0.4～0.5m，行距0.7m，适宜密度为1万～1.2万株/hm^2。当种植无籽西瓜品种时，种植一定比例的普通二倍体西瓜作为授粉株，授粉株一般选择花皮有籽西瓜品种，以区别黑皮无籽西瓜。无籽西瓜与授粉株的比例为8～10：1，人工辅助授粉最好在7～10时进行。一朵雄花的花粉涂1～2朵雌花即可。生产上一般以主蔓第二、第三雌花留瓜。小麦收获后，秸秆粉碎直接还田，西瓜秧伸向空当内麦茬上面。对西瓜的管理，整枝压蔓时要在同一侧枝选留侧蔓，穿过棉花伸向背垄，要及时整蔓。防治蚜虫可用10%吡虫啉可湿性粉剂2 000倍液；防治炭疽病可在发病初期用70%甲基硫菌灵可湿性粉剂700倍液喷雾防治，每7～10d防治1次，连防2～3次。当70%植株幼瓜长到馒头大小时，视天气情况及时浇水，同时，每公顷施尿素150～300kg、$K_2SO_4$150～200kg，在离西瓜根部30～50cm处条施或穴施。另外，在西瓜伸蔓期、膨大期浇水2～3次，保持土壤沟内即干即湿即可。西瓜在7月下旬8月初上市，要在不影响品质的情况下，尽早采收，采摘一棵及时拔除一棵，不留二茬瓜。

（3）棉花栽培技术　棉花采用营养钵或无土育苗移栽，育苗时间在3月下旬4月初。品种选用结铃性强，铃大吐絮畅，抗枯黄萎病，早熟不早衰适于简化栽培，单株增产潜力大的抗虫杂交品种，如国欣棉6号、邯杂429等。5月上旬，在西瓜窄行间移栽2行棉花，行距0.4～0.5m，株距0.33m，每公顷种植18 000株。移栽时注意远离西瓜根部，先用营养钵制钵器打孔，制钵器内径与钵体相等，孔比钵面深1.2～2.0cm，防“钵肩”外露伤苗。打好孔后要浇足活棵水，栽好苗后要壅实钵土，使钵土与土地融合，用土压实膜口，以防杂草生长。移栽时注意尽量使地膜完好无损，最后还要清理膜面余土，以增加膜面受光，提高保温效果。重施花铃肥，每公顷施尿素220kg、$(NH_4)_2HPO_4$ 150kg。进入8月一般用1%尿素液与0.3% KH_2PO_4 混合液叶面喷施，每次间隔5～7d，连喷3～4次，注意防治病虫害。

（4）西葫芦或西兰花种植技术　7月下旬8月初西瓜采收拉秧后，拾净残膜，在空当内施肥，以有机肥为主，每公顷施饼肥750kg。施肥整地后移栽2行西葫芦或3行西兰花。西葫芦行距0.7m，株距0.33m，每公顷种植19 500株左右。移栽前，应于6月下旬至7月上旬育苗。西葫芦开花结瓜期，追施尿素375kg/hm^2。西兰花行距0.4～0.5m，株距0.4m，每公顷种植22 500株左右。移栽前，应于7月上旬育苗。

4. 效益分析　近几年来，河南省扶沟县在全面落实稳定粮田面积、提高棉田生产科技含量、增粮保棉的前提下，增加间作套种瓜菜类产量，提高土地和光热空间资源利用率，改善农田生态环境和生态效益，在生产实践中摸索出了一套小麦、西瓜、棉花、西葫芦或西兰花等作物间作套种合理搭配的，以获取产量、效益最大化的适用的集成栽培技术。年周期内，一般每公顷生产小麦7 000kg，收入13 500元；每公顷生产西瓜75 000kg，收入45 000元；每公顷生产籽棉3 000kg，收入15 000元；每公顷生产西葫芦75 000kg，收

入22 000元或每公顷西兰花12 000kg，收入30 000元。年每公顷产值9.5万～10.5万元。

（二）小麦与越冬甘蓝间作

1. 分布地区和条件　甘蓝的露地越冬栽培在北方栽培成功要满足的温度条件是冬季1月份的平均气温在1℃以上，具体可以在河南、山东及周边省市的部分地区栽培。

2. 规格和模式　茬口安排10上旬播冬小麦，5月中下旬收获。5月上旬播玉米，9月上旬收获。7月下旬播甘蓝，8月上旬至9月上旬定植，3～4月份采收。4月上旬播矮生豇豆，8月上中旬拉秧。

3. 技术要点

（1）整地施肥　采用高低平畦，高畦、低畦相间排列，各1m宽，高畦比低畦高10cm，高畦种甘蓝—豇豆，低畦种小麦—玉米。甘蓝株行距40cm×60cm，豇豆株行距40cm×25cm。考虑到各自的效益而分别施肥。蔬菜畦要施足基肥，亩施有机肥4 000～5 000kg，同时，配合施二铵30kg，$K_2SO_4$20kg，尿素40kg，或优质三元复合肥50～75kg。另外，在甘蓝的莲座期或豇豆的开花结果期冲施少量速效N肥和K肥。大田作物可根据情况适当少施。

（2）品种选择　大田作物选择面广，可用常规品种。蔬菜作物要据季节性和自然条件选择，要求较严。甘蓝宜选用抗寒性强、冬性强的中晚熟品种，如寒光1号、海丰1号等。豇豆品种选用矮生型、较耐阴的早中熟品种，如一丈青、美国地豇豆等。

（3）栽培技术要点　大田作物常规方法种植。蔬菜作物要求的技术性要强一点。甘蓝的露地越冬栽培需要两个必不可少的条件：①在北方栽培成功要满足的温度条件是冬季1月份的平均气温在1℃以上，具体可以在河南、山东及周边省市的部分地区栽培；②霜降前后，必须已经形成较坚实的叶球的植株方可进行越冬栽培。越冬期的管理成为栽培是否成功的关键。措施有以下几点：要合理利用坯土，保护甘蓝根系；坯土必须要埋过甘蓝的内短缩茎，即2/3的叶球（包括外叶）暴露在外面；浇足越冬水，保证安全越冬，而且与间作的小麦并不矛盾；地膜覆盖，盖膜要仔细，保持薄膜完好无损。翌年开春，土壤解冻，不要将薄膜除去，而是在每个叶球上方划“+”字形口子，5～7d以后将叶球由膜下翻到膜上，使薄膜重新覆盖地面，可有效保持土温，利于叶球更加紧实。可根据市场行情分期采收紧实的叶球。越夏矮生豇豆，管理的重点是前期防止营养生长过旺，影响开花结荚和后期防止植株早衰。开花前遇干旱时浇水施肥，风调雨顺不必浇水，可沟施少量有机肥或复合肥，开花结荚期每周浇一水，隔周施肥，及时采收产品。

（4）病虫害防治　越冬甘蓝病虫害较轻，但前期（9～10月份）甜菜夜蛾为害较重，可用夜蛾必杀乳油1 500倍液或5%抑太保、卡死克2 000倍液喷施。豇豆后期易患锈病，用粉锈宁防治；豇豆螟蛀食叶片、豆荚，是豇豆的主要虫害，可用1.8%爱福丁2 500倍液喷施，效果十分明显。

4. 效益分析　采用该种植模式，每亩大田可增收2 000～2 500元，而且操作简单，投资少，易于推广。

（三）马铃薯与蚕豆间作

1. 分布地区和条件 分布于宁南山区半干旱和阴湿区。马铃薯间种蚕豆后，应建立起马铃薯间种蚕豆—小麦—胡麻或马铃薯间种蚕豆的轮作倒茬方式。

2. 规格和模式 马铃薯采用宽窄行种植，宽行行距 60cm，窄行行距 20cm，株距37 ~ 42cm，亩种植4 000 ~ 4 500株，而后在每一马铃薯宽行内间种 1 行或行距为 20cm 的 2 行蚕豆，使 1 亩间种田内蚕豆保苗达到8 000 ~ 8 500 株。

3. 技术要点

（1）精细整地　前作收获后，对农田立即进行深耕并及时耙耱接纳雨水，白露时收耱。出现春旱时，及时打磙保墒，使之形成上虚下实的良好播床。

（2）施足基肥　播前每亩撒施农家肥 3 800 ~ 4 000kg（总含 N 5. 5 ~ 6. 5kg、P_2O_5 5. 5 ~ 6. 5kg）浅耕入土并及时耙耱。

（3）选用良种　适宜间种的马铃薯品种应具备分枝角度小、株型紧凑、适于密植、抗病、高产、耐旱、质优等特征和特性。这些品种目前有青薯 168、中心 24 和宁薯 4 号等。对选定的品种，最好采用经脱毒的小整薯或嫩健薯切块作种。蚕豆品种则要求抗旱保花、籽粒饱满、早熟、高产。据观察，以临夏大蚕、青海 3 号、曲农白皮较为理想。

（4）适期播种　相对单种条件下的最适播期，马铃薯间种蚕豆实行同期播种，将使蚕豆播种有些推迟，而马铃薯播种则得以提前。所以，马铃薯间种蚕豆田的播期应调节在两作物单种适播期的中间。在宁南山区，半干旱区一般于 4 月下旬至 5 月初播种较为适宜，阴湿区则适当推迟至 5 月中旬。

（5）适施种肥　在种肥的施用上，应采取薯带 N、P 配合，豆带以 P 突破的技术路线，每亩间种田内，运用沿播种沟条施的方法，薯带施用纯 N 和 P_2O_5 各 2. 2 ~ 2. 7kg 的 N、P 化肥，实物形态以 $(NH_4)_2HPO_4$、尿素和三料过磷酸钙较好；豆带施用含 P_2O_5 3. 5 ~ 4. 5kg 的普通过磷酸钙或三料过磷酸钙。

（6）加强管理　对薯带应进行 2 次以上的中耕培土。第一次在苗期以中耕为主结合浅培土，第二次在现蕾期高培土并追施 N 肥，培土高度达 25cm 以上，追肥用量尿素 3. 2 ~ 5. 5kg/亩。薯带发现晚疫病中心病株时，及时用 0. 1% $CuSO_4$ 液进行喷雾防治，豆带蚜虫则亩用 40% 相关乳油 50g 加水 50 ~ 100kg 喷雾防治。

4. 效益分析 马铃薯播种密度稀疏，植株空间较大，将播期相同的蚕豆插入其中种植，形成复合群体后，矮秆的马铃薯可利用近地面的太阳辐射光能，高秆的蚕豆则有效地利用空间光能，进而提高种植系统光热资源的利用率；马铃薯对土壤 N 素吸收较多，对 K 素需要量最大，而蚕豆则对 P 素敏感，将两者复合同田种植，可均衡地吸收土壤中 N、P、K，提高土地利用率。在宁南山区半干旱和阴湿区，马铃薯是抗旱作物，更是高产作物，蚕豆则是典型豆科高产作物，两者搭配种植后，丰水年发挥了蚕豆的增产优势，马铃薯也增产，可实现双丰收；在干旱年份，蚕豆虽受灾减产，但占比例较大的耐旱马铃薯仍有相当产量，达到以薯补豆，即马铃薯间种蚕豆将作物的丰产性和抗旱性有机地结合起来。

作物间种相对单种消耗土壤肥力多，间种农田如没有相应的培肥措施作保障，将对农田形成掠夺式经营。而将蚕豆纳入复合的间种体系后，则可发挥和利用其根瘤固氮和落物

（叶、花、根）回田的习性，使土壤得以培肥，养分得以补偿。

这种模式每亩产马铃薯1 054.3kg、蚕豆76.95kg，合计主粮287.81kg，较单种马铃薯或蚕豆增产主粮100.89kg，增产53.97%。经研究和大面积示范结果表明，这一技术确能提高对单位空间光、热、土资源的利用，并适应干旱频繁的气候条件，实现旱年以薯补豆，稳产保收，丰水年薯、豆双增产，提高了土地生产力。

（四）芸豆与甜瓜间作

1. 分布地区和条件　种植地块应远离蔬菜种植区，灌水保证率85%以上，排水通畅，≥10℃积温2 750℃。忌与豆科及葫芦科作物连作、迎茬。以壤土、沙壤土为佳，坡降小于千分之三。土层厚度大于60cm，总盐<1g/kg，有机质>8g/kg，碱解N>30mg/kg，速效钾≥20mg/kg，pH值7～8.5。

2. 规格和模式　甜瓜保苗780～800株/亩，收获750株/亩以上。计划单产2 500～3 000kg/亩，商品瓜1 500kg/亩以上，中心糖13度以上。

奶花芸豆保苗3 200株/亩以上，收获3 000株/亩。计划每株平均结荚15个，每荚3.5粒，百粒重65g，产量100kg/亩以上。蛋白质含量>21%，脂肪含量<1.8%。

甜瓜沿地膜中心线播种。株距40cm，播深3～4cm，播量80～120g/亩。花芸豆沿地膜瓜垄压土带内侧（瓜沟沟肩）膜上播两行，株距20cm。

3. 技术要点

（1）瓜、豆栽培技术

① 土地准备　秋翻或春翻。翻前撒施厩肥2t/亩，耙碎整平。在设定瓜沟中心两侧60～70cm处各开两个施肥沟，深宽各30cm。把$(NH_4)_2HPO_4$ 20kg/亩、尿素15kg/亩、K_2SO_4 5kg/亩混匀施于沟内。然后用机械开瓜沟，上宽1m，深40cm，瓜床宽4m。瓜沟两侧铺膜，耙碎整平。

② 铺膜　用宽70cm地膜平铺瓜床两侧。要求平整、两边压实，采光面不少于40cm。

③ 播前灌水　播前沟灌，灌水定额60m^3/亩，水位线距床面10cm左右。

④ 种子准备　播前对瓜、豆种子进行处理，分别用200倍甲醛溶液（福尔马林）浸泡2h，后用清水漂洗3次沥干即可。

⑤ 甜瓜播种　甜瓜沿地膜中心线播种。株距40cm，播深3～4cm，播量80～120g/亩。

⑥ 花芸豆播种　花芸豆沿地膜瓜垄压土带内侧（瓜沟沟肩）膜上播两行，株距20cm。

⑦ 追肥　甜瓜雄花开花前追肥。花芸豆始花期追施尿素15kg/亩，$(NH_4)_2HPO_4$ 5kg/亩。

⑧ 浇水　播后40d浇第一水，以后每隔10d浇水1次。灌水定额以50～60m^3/亩为宜。甜瓜采收前10d停止灌水，收瓜后及时灌水1次。

⑨整枝压蔓　及时整枝及压蔓。单蔓单瓜，如有歪瓜及时摘除，重新坐瓜。定型后翻瓜1～2次。用瓜秧覆盖瓜体，以避免阳光灼伤。

（2）病虫害防治　防治甜瓜细菌性叶斑病及花芸豆细菌性疫病用兽用链霉素3 000～

5 000倍液或新植霉素5 000 ~ 7 000倍液喷雾，对以上两种病害均有较好防效。间隔喷药7d，连喷3 ~4 次。防治甜瓜霜霉病选用72%霜疫必克或杜帮克露可湿性粉剂600 倍液喷雾。间隔5 ~7d 喷药，连喷1 ~3 次。防治甜瓜白粉病用25%阿西达可湿性粉剂4 000 ~ 8 000倍液，或12. 5%敌力康可湿性粉剂、30%特富可灵可湿性粉剂2 000倍液喷雾。间隔10d 喷1 次，连喷2 ~3 次。

防治花芸豆菌核病开花期喷施立克乳油（6g/亩），或用40%噻菌灵（特克多）600 ~ 800 倍液，50%多菌灵600 ~800 倍液，40%菌核净1 000 ~ 1 500倍液，50%乙烯菌核利(农利灵)1 000 ~ 1 200倍液喷雾防治。

防治甜瓜蚜虫用黄板涂机油粘杀。用40%乙酰甲胺磷涂茎。间隔10d 喷1 次，防治1 ~2 次。

防治花芸豆红蜘蛛及蓟马，6 月中下旬叶螨向田间扩散时，用1. 8%虫螨特打围。6 月下旬蓟马在叶上发生，可用1. 8%虫螨特2 000倍液或73%克螨灵2 000倍液喷雾，兼防兼治。

（3）收获　甜瓜七八成熟时，及时采摘。采摘时轻拿、轻放，防止摔破划伤。

当甜瓜采摘完毕后，对花芸豆进行根外追肥，用150g/亩 KH_2PO_4 加水 15kg 喷洒叶面。当花芸豆上部叶片开始发黄色、下部荚果转为灰白色时，及时收获。

4. 效益分析　甜瓜是蔓生型稀植作物，花芸豆是直立型丛状作物。两种作物间作，不但可在时间、空间上充分利用光热资源，而且花芸豆的根瘤固 N 作用还能改善土壤环境，提高土壤肥力。通过研究，突破了两种作物间作方式的比例配置、灌溉方法及病虫害防治等技术难题，瓜、豆间作面积逐年扩大，经济效益显著提高。

（五）甘薯与西瓜间作

1. 分布地区和条件　“五山四岭一分川”是河南洛阳地区独有的地貌特征，具有大面积的丘陵旱薄地。甘薯作为当地主要的农作物在近几年随着种植面积的大幅度减少，人们对其营养保健功能的开发和重视，销售价格大幅度提高，促使农民种植甘薯的积极性提高。甘薯与许多粮食作物、油料作物、果树、蔬菜、烟草等间作套种，提高了复种指数、提高了单位面积的产量和效益，在农业种植结构调整以及增加农民收入方面发挥了重要作用。

要求生茬地种植，忌重茬。为减轻病害发生，特别是西瓜病害，应该选择5 年内没有种植过西瓜的地块。甘薯种植不宜过大，由于是旱地西瓜，尽管土壤肥力水平高，但是水分主要“靠天”，甘薯靠提高单株产量取胜，故甘薯种植不宜太密。此外，主栽的是西瓜，甘薯种植密度过大，前期容易影响西瓜生长。

2. 规格和模式　西瓜行距1. 5 ~1. 65m，株距0. 5 ~0. 67m，每亩660 ~800 株，于5 月1 日前后覆膜直播。5 月中旬在西瓜行间栽种甘薯，种植密度每亩1 000 ~ 1 500株。

3. 技术要点

（1）品种选择　西瓜品种选用丰抗88、西农5 号等早熟品种。甘薯品种的选择依据用途而定。如果用于产后淀粉加工，可以选用洛薯96-6、豫薯8 号、商薯19、徐薯25-2 和郑04-4-2 等品种；如果进行鲜薯销售，可以选用苏薯8 号、郑红20 和安平一号等食用

型品种。

（2）施肥　整地前，每亩施用三元复合肥50kg（N、P_2O_5、K_2O 各15%），尿素25kg作底肥。

（3）田间管理　前期主要以促进西瓜生长为主，加强西瓜管理，做好病虫害的综合防治工作。西瓜于7月1日开始收获上市，7月底结束。西瓜收获后要及时清理瓜田瓜秧，促进甘薯生长。食用型甘薯可以提前上市，以取得较好的销售收入。在10月1日前后，即可收获上市。加工型甘薯可适当延长生长期，以提高产量和淀粉含量。到10月上中旬，日均气温低于15℃时，开始收获加工。

4. 效益分析　在洛阳地区，有一定面积的旱塬西瓜种植，主要集中在洛阳西部、北部几个县。尽管亩产量只有3 500～4 000kg，但是，由于旱地种植，品质好，口感佳，销路畅，每亩经济效益3 000～4 000元。套种甘薯，每亩收获甘薯2 500kg。鲜薯销售价格不低于0.8元/kg，效益2 000元；进行产后加工，每亩甘薯加工淀粉超过500kg，加工成粉条后销售价格每千克9元，效益4 500元。两项合计每亩效益5 000～6 000元，最高接近9 000元，收入相当可观。

（1）养分上保证了产量和品质　西瓜地一般肥料投入多。西瓜套种甘薯，对西瓜产量影响很小，但是，对甘薯产量提高有着重要作用。甘薯能够充分利用种植西瓜投入多，剩余肥力充足的优势，实现高产、高效益。

（2）温度方面　甘薯种植于西瓜行间，相当于地膜覆盖栽培，容易早生根、早发棵。尽管甘薯种植时间稍晚了点，但是，甘薯地膜覆盖栽培的优势都具备。

（3）降低了成本，增加了效益　旱地西瓜套种甘薯，由收获单季西瓜变为收获双季，效益大幅度增加。同时实现了一膜双用，降低成本。西瓜与甘薯套种，很好地实现了瓜、薯（地上、地下）的双丰收，增加了复种指数，提高了土地利用率。

（4）错开了生长旺盛期　由于西瓜、甘薯套种错开了生长旺盛期，两种作物争地、争水肥、争空间的矛盾降到了最低。

（5）拉长了产业链条，综合效益好　这种种植模式在宜阳、洛宁两个县最多。“洛宁蒸肉”入选“世界非物质文化遗产名录”，这道民间名菜的主要原料就是甘薯粉条，甘薯产后加工的产品能为中国饮食提供优质原料，这种模式拉长了产业链条，提高了生产产值和综合效益，深受当地农户的喜爱。

（六）马铃薯与玉米辣椒间套作

1. 分布地区与条件　近年来，春马铃薯、玉米和辣椒间套作模式，在山东省兖州市大安镇、谷村镇取得了很好的经济效益。每亩马铃薯产量2 250kg，产值1 200元；玉米450kg，产值500元；辣椒2 200kg，产值1 150元；累计产值2 850元。该种植模式衔接紧密，投资少，效益高，是普通“一麦（小麦）一棒（玉米）”种植效益的3倍。

2. 规格和模式　马铃薯2月10～15日播种，5月上旬套种玉米，5月下旬收获马铃薯，6月初育辣椒苗、7月下旬定植于玉米垄内，利用玉米秸秆进行遮阳，8月初收获玉米，辣椒转入正常管理，收获至霜降。

3. 技术要点

（1）选用优良品种　马铃薯选用山东省农业科学院蔬菜研究所的脱毒种薯鲁引1号，该品种休眠期短，成熟早，适宜早春地膜覆盖种植。

玉米选用早熟型品种掖单4号。

辣椒选用湖南省蔬菜研究所育成的湘研6号，该品种生长势强，抗热性好，株型紧凑，坐果率高，较抗疫病、病毒病。

（2）催芽、育苗

① 催芽　春马铃薯一般在播前15d进行催芽，种薯催芽前应先进行暖种和晒种，把种薯置晴天中午晾晒5～6d。种薯的切块在催芽前1～2d进行，切块时把种薯沿顶向下纵切数块，每块带有1～2个健康芽眼，每千克种薯切40～50块。切后晾4～8h，然后按1层种块，1层湿沙的方式堆放，共堆4～5层，保持温度15～20℃，芽长1～2cm时即可播种。

② 辣椒育苗　辣椒育苗期正值高温多雨季节，要采用高畦覆盖防虫网育苗。苗床要配制营养土，用4份腐熟有机肥，6份大田熟土过筛，充分混合，配成营养土。营养土加50%多菌灵可湿性粉剂0.1kg，N、P、K三元复合肥1.5kg。苗床要整平耙细，浇透底水，等水渗下后，均匀撒播干种，然后用过筛细土覆盖1.5cm左右。覆土后用细竹竿拱起，扣上防虫网、遮阳网进行防虫、遮阳，隔3～5d喷1次清水，防止苗床干裂，15d后苗子基本出齐。

（3）整地施肥　该种植模式由于下茬玉米、辣椒需肥量大，但追施有机肥不方便，应一次性施足底肥。马铃薯根系浅，分枝少，主要分布在土表30cm，因而要选择疏松肥沃的土壤，冬耕晒垡，播前亩施腐熟有机肥4 000～5 000kg、熟大豆饼100kg，N、P、K复合肥50kg，然后浅耕细耙，整平地面。

（4）播种与定植

① 马铃薯　播前5d将发芽的种子放在散光下晾晒（保持10～15℃的低温），使芽绿粗壮。开沟种植，行距50～55cm，株距25cm，覆土厚度10cm左右，整平垄面后稍加镇压，亩喷40%乙草胺0.4kg进行除草，然后覆盖地膜，及时扣小拱棚进行保温。

② 玉米　于5月上旬在马铃薯垄内隔行播种，行距1～1.1m，株距20cm，亩栽3 500～3 800株。

③ 辣椒　于7月下旬定植在玉米垄内，行距50～55cm，穴距30～40cm，双株定植，亩植3 000～3 500穴。移栽切块时要带大土坨，以防伤根，随栽浇定植水，以利缓苗。

（5）田间管理

① 马铃薯　播后20d即可出苗，要及时在地膜上划“十”字形放风，防止高温烤苗。出苗后以保湿和提高地温为主，播种时要浇足底水，幼苗期一般不浇水，夜间温度不低于8℃时去掉小拱棚。现蕾开花期是薯块膨大关键时期，土壤要见干见湿。发棵后期注意控制肥水，为防止植株徒长，盛花期叶面喷洒50～100mg/kg多效唑可湿性粉剂1～2次，结薯后期如果土壤湿度过大，可将地膜揭开，以利通风排湿。

②玉米　重点是施好苗期肥、大喇叭口期肥，其他按正常大田管理。

③辣椒　玉米收获后，辣椒正值缓苗期结束，缓苗后以促秧为主，要大促小控，早追肥，勤中耕。第一次追肥亩施 N、P、K 复合肥 15～20kg，门椒开花时，适当控制浇水，中耕除草利于坐果，门椒坐住后，再浇水追肥。结果初期以土壤见干见湿为准，要防徒长，结果盛期肥水需求量加大，宜勤浇浅浇，经常保持地面湿润，但不积水，一般 5d 浇 1 次，结合浇水每亩施人粪尿1 500kg，并及时封垄，防止“三落”。大部分青果长成后，要控制浇水，更不要追施 N 肥，以避免贪青生长。

（6）病虫害防治

① 马铃薯　常见的病害有早晚疫病、疮痂病和病毒病。早晚疫病发病应及时清除田间病株，叶面喷洒 1：1：200 倍波尔多液或60%杀毒矾可湿性粉剂500 倍液；疮痂病可在发病初期喷洒 77%可杀得可湿性粉剂 500 倍液；病毒病可用 20%病毒 A 可湿性粉剂 500 倍液防治。马铃薯的虫害主要有蚜虫、茄 28 星瓢虫和红蜘蛛，可用 20%灭扫利乳油 2 500～3 000倍液防治。

② 玉米　重点防治粗缩病，大叶斑病、小叶斑病，玉米螟等病虫害。

③ 辣椒　辣椒生长期正值高温多雨季节，这段时间发生的病害主要有病毒病、炭疽病和疫病，虫害主要有烟青虫、小菜蛾、茶黄螨和蚜虫等。防治病毒病要从苗期开始预防，可喷 1 次 25%植病灵 500 倍液，定植缓苗后可喷 20%病毒 A 可湿性粉剂 800 倍液、病毒 K 乳剂1 000倍液进行预防。当发现病株后，要先拔除中心病株，以免病毒传播。防治辣椒炭疽病可用 70%甲基托布津可湿性粉剂 600～800 倍液或 80%炭疽福美可湿性粉剂 800 倍液进行喷雾防治。防治辣椒疫病可用 72.2%普力克水剂1 500倍液进行防治，或在雨季浇水前每亩撒 96% $CuSO_4$晶体 3kg，然后浇水，防治效果明显。另外，要及时防治烟青虫、小菜蛾，可用抑太保、爱福丁和农抗 120 等高效低毒农药；防治蚜虫和茶黄螨分别用 10%吡虫啉可湿性粉剂1 000倍液、73%克螨特乳油2 000倍液喷雾防治。严禁使用高毒高残留农药防治病虫害。

（七）粮药间作

1. 分布地区与条件　粮药间套，是近年来四川省阆中市旱地高效种植模式的一大成功特色，从“麦//玉//苕”，发展成为“麦//玉//豆”，再发展成为“川明参//小麦//玉米//大豆”，其特点是，在确保粮食生产的情况下，增加了经济作物的种植，从而提高了旱地单位面积产值，使全年亩产量过吨、亩产值上万元成为现实。

生姜是阆中市的优势经济作物，随着各级政府对生姜产业的重视，其种植面积逐年扩大，“川明参//小麦//生姜//二季玉米”种植模式，通过几年的示范，其产量、产值得到了大幅度的增加，成为旱地种植模式的又一大亮点。

2. 规格与模式　该种植模式选择在地势高燥、土壤深厚肥沃、排灌良好的沙壤土，或壤土内进行。8 月份按“双六尺”的规格将种植地块划分成多个种植带，然后每隔一带种上川明参，另一带于 10 月下旬种上小麦，翌年 4 月份川明参收获后在其种植带上栽上生姜，小麦收获后栽上二季玉米；二季玉米收获后再种上川明参，生姜收获后种上小麦，即该模式中川明参、生姜可连续种植 2 年，即 2 年中每个种植带都种了一季川明参、生姜；隔 3～4 年后又可再次按以上种植模式种植 2 年。

3. 技术要点

（1）川明参栽培技术要点

① 施足底肥，强化配方　川明参是块根收获作物，以重施有机肥及多K、少N为宜。一般净作亩施腐熟有机干粪2 000kg以上、油枯50kg、复合肥50kg，随翻地一次性施入土壤中，套作减半。

② 精细整地，规范作厢　在施足底肥排栽川明参前，要深翻土壤33.3cm左右，然后耙细整平地面，并将厢面做成地上式，略呈瓦背形，确保雨后厢面不渍水。

③ 规范移栽，强化质量　一是要确定好移栽时间。阆中市立秋至处暑为川明参最佳移栽期；二是确保种苗质量。起苗时尽量减少挖伤挖断种根，剔除芽头已发黑和无芽头的种根，分级移栽，尽量做到当天起苗当天栽完；三是合理密植。株行距以6.7cm×23.3cm为宜，确保亩植3.6万株左右，排栽方法为开沟排栽，第一沟排栽完后，用开第二沟的土来覆盖前一沟排栽的苗，以此类推；四是全田排栽结束后，用玉米秆或麦秆覆盖，以遮阳保湿、防草、防止土壤板结。

④ 加强田间管理，促进壮苗早发　一是及时清除杂草。做到药田有草早除、有草必除，田间无杂草；二是适时追肥。一般追施2次，第一次在川明参齐苗后15~20d内，亩用人畜清淡粪水40~50担加尿素5kg左右追灌，第二次在抽薹期立春前追施1次膨大肥，以重施K肥为主，一般亩施K_2SO_4复合肥25kg，加水浇灌。对底肥足的地块、田间苗子长势较好的，可免施追肥；三是去薹打顶。当薹长到16.7cm高时，用锋利的刀陆续割掉花薹，注意不要伤叶；四是防治好病虫。齐苗后用重茬地菌净500~800倍液喷雾，间隔20d喷1次，连续2次。虫害主要为前期的蚜虫；五是注意排水和抗旱。

⑤及时收挖　川明参在清明前后收获最佳，过迟收挖，块根老化，粉质少，易空心，甚至抽薹开花，严重影响产量和品质。

（2）小麦栽培技术要点

① 品种　选择早熟、高抗条锈病、高抗白粉病、抗倒伏、分蘖力中等的优良品种。

② 播期　该种植模式的小麦播种期宜适当比大面积生产早5~7d，10月25日前播完小麦，以达到早播促早熟。

③ 施肥　采取底肥、追肥一道清。根据土壤肥力情况，适当减少N肥的施用，增施P、K肥，以避免中后期倒伏及贪青晚熟。

④ 密度　适当密植，控制分蘖过旺，避免晚熟。

⑤ 防治病虫　阆中市小麦前期预防红蜘蛛、灌浆期防蚜虫，分蘖期防治条锈病，抽穗期防治好白粉病和赤霉病。

⑥ 适当早收小麦　8~9成熟时即可抢晴收获，以利后季作物早栽。

（3）生姜栽培技术要点

① 品种　以本地竹根姜为宜，该品种株型紧凑。并严格对生姜进行优选、晒姜、困姜、药剂浸姜种等处理。

② 催芽　该种植模式中，各作物由于茬口衔接紧密，播栽期应比大面积提前7d左右，生姜应在3月上旬催芽、4月初栽完为宜。严格按照技术规程，把姜芽催成1~2cm长的壮芽。

③ 整地施肥　姜地应深翻土壤，最后达到地平土细；底肥可采取集中深施于姜沟，亩施腐熟有机肥2 500kg以上，腐熟菜枯150kg，K_2SO_4型复合肥50kg左右，注意肥料不能直接接触姜芽。

④ 栽植密度　开沟点播，沟深25cm左右，每带栽4行姜，窝距23～26cm，亩植3 500株左右。

⑤ 盖土覆膜　采取边栽边盖土，覆土厚度为4～5cm。最后生姜种植带全部用地膜覆盖，并将膜的四周用细土压实，以达到增温保湿的目的。

⑥ 适时揭膜　待姜苗有30%左右出苗时，可破膜引苗，待气温稳定达到15℃以上时才全部揭去地膜。

⑦ 病虫防治　生姜齐苗后即开始用药预防姜瘟、姜螟，可采用“益微菌剂＋龙克菌＋稻腾”800～1 000倍液灌根或淋苗基部，每10d左右用药1次，连续用药2～3次。

⑧ 及时追肥和培土　阆中市生姜追肥应占整个施量的40%左右，齐苗半月后可开始追肥，5～7月份以稀粪、少量N肥为主，每隔15～20d追肥1次；8月上旬重施1次复合肥。追肥时要结合出苗情况适时培土3次以上。

⑨ 适时收获　阆中市一般要在10月底至11月上旬收完生姜，以利下茬小麦播种。

（4）二季玉米栽培技术要点

① 品种　应选择生育期较短、高抗倒伏、半紧凑型的优良品种。

② 施肥方法　采取重底早追，追肥以稀粪加碳铵为主。移栽返青后，每出1片叶即追施1次N肥，连续追施3次，以达到壮秆目的。注意后期N肥不宜施用过多、过晚，避免造成贪青晚熟。

③ 移栽期　小麦收获期一般在5月上中旬，二季玉米育苗期应确定在4月底，以利小麦收后玉米移栽。叶片达到3～4叶，移栽时边栽边浇定根水，以利早活棵。

④ 田间管理　一是早追肥；二是大喇叭口前用药防治玉米螟。

⑤ 及时收获　收获后以利后茬川明参的种植。

4. 效益分析　能充分利用旱地“双六尺”改制的成果。一是充分利用了川北温光“三熟不足两熟有余”的气候特点；二是宽厢带植便于农村半机械化操作。

川明参收获后正值生姜栽植期，小麦收后又值二季玉米栽植期，二季玉米收后又是川明参栽植时期，所以，各种作物茬口应衔接紧密，选择合理。

分带轮作解决了川明参、生姜的连作问题。两年中虽整个地块可种植2季川明参和生姜，但其种植带都进行了错开，避开了连作。

该种植模式由于各作物耗地不同，可达到用地后土壤养分基本平衡的目的。小麦和玉米以吸收N、P为主，川明参和生姜以吸收K、N为主，只要合理施肥，不会造成土壤养分的不平衡。

玉米有利于遮阳。玉米植株较高，对生姜可以起到很好的遮阳作用。

该模式投入较大。一是劳动力投入大。川明参和生姜都是劳动密集型产业；二是肥料投入较多。川明参和生姜都是需K较多的作物。

该模式技术含量较高。一是茬口紧密，对下茬作物的育苗期要求严格；二是各作物的种植、施肥及田间管理要求都很严格。

多年实践得出，该种植模式中，一般小麦亩产 300kg、二季玉米亩产 350kg、川明参亩产1 200kg、生姜亩产为2 400kg，合计亩产为4 250kg；按市场价小麦 1.6 元/kg、玉米 2 元/kg、川明参 5 元/kg（鲜品）、生姜 4 元/kg 计，亩产值为 16 780 元，亩产量及亩产值都很可观。

第四节　粮草间作与粮药间作

一、粮草间作

间作与单作相比能够提高光、水分、土壤养分等生长资源的利用率以及杂草病虫害的生物防控能力，从而增加系统总产和土地利用效率。

在中国农区长期存在耕地资源不足，发展草食畜牧业所需的优质饲草料匮乏的问题。粮草间作能够紧密围绕农业产业化调整，改变单一的种植结构，提高单位面积的产出量；能够充分利用光、热、水、土等资源，在不减少粮食生产的前提下，增收优质饲草的生产，提供更稳定的饲料产量、更全面的营养供给以及更均衡的饲料供应季节。因此，粮草间作栽培是温带地区被广泛应用的一种间作栽培模式。

其中，比较常见的粮草间作模式包括玉米与苜蓿间作、玉米与三叶草间作等。

（一）玉米与苜蓿间作

玉米是中国栽培最广泛的粮饲兼用型作物，苜蓿是中国北方栽培最广泛的多年生饲料作物。多年生紫花苜蓿（*Medicago sativa*）和一年生夏玉米（*Zea mays*）间作的试验结果表明，两者间作可以提高生长资源利用率和系统的经济产出。

1. 分布地区和条件　玉米与苜蓿间作模式主要分布于华北、西北、甘肃等干旱半干旱地区。这些地区农牧并重，利用有限的土地资源，既要发展农业，又要发展牧业，存在严重的人地矛盾、草畜矛盾，土地贫瘠化、盐碱化、沙化等退化严重。因此，调整耕地利用结构，特别是探讨土地利用中的最佳作物种植结构，对于防止耕地质量退化加剧极为重要。将主要农作物玉米与优良绿肥作物苜蓿间作，在满足了农区粮食需求的同时，又提供了优质牧草及粗饲料，有力地缓解了人地矛盾、草畜矛盾，为中低产农区的农业和畜牧业持续健康发展奠定了基础，同时，也提高了耕地质量，减少了化肥投入，具有显著的经济效益和生态效益。

2. 规格和模式　将玉米、牧草间种，采取“100cm 玉米，133.3cm 牧草”的种植方式，这样有利于牧草通风和玉米的采光。玉米的播种垄宽 50cm，埯距 45cm，每埯以三角形种植 3 株，1hm^2 用玉米种子 45kg，牧草播种行距 30cm，用草籽 15kg/hm^2。

苜蓿 + 玉米间作，其中，5∶2 间作模式表现出最佳的产量优势。

3. 技术要点

（1）播种时间和管理　牧草种植时间在清明、谷雨两节气期间，玉米在谷雨后播种。播种时要施足农家肥或其他底肥；牧草播种深度为 2cm，出苗后要及时拔除杂草。玉米按

时除草和定苗；按季节施肥，有灌溉条件的按时浇水。

（2）牧草刈割和饲喂方法　牧草生长到30cm以上，开始轮割。将牧草切短、切碎或打浆，加入精料（玉米面）、其他辅料秸秆粉、糠类，即可饲喂家畜。

4. 效益分析　陈玉香等（2004）研究玉米和苜蓿间作系统认为，两者在生长资源的利用上具有互补性，从而增加了整个系统的产出。由于苜蓿是多年生豆科牧草，在生长过程中有多次的刈割，使得苜蓿//玉米系统在光合作用效率，水分及N素利用上都高于单作系统，特别在苜蓿进入高产期后，固N作用增强。对生长资源利用的互补性和高效率，使得整个间作系统的产量得到提高。同时，草粮间作玉米株数高于平垄株数，长势无异，并高于平垄种植，单位面积不减产，所产紫花苜蓿是纯增效益。

刘景辉等（2006）对不同青贮玉米品种与紫花苜蓿的间作研究表明，间作青贮玉米边际效应显著，并因品种和生育时期的不同而异。大喇叭口期，间作青贮玉米光照强度和透光率比单作的提高，在基部为15.3%～88.1%和15.1%～89.0%，在中部为52.1%～74.1%和51.2%～73.0%。全生育期内，间作青贮玉米平均透光率比单作的提高，在基部为49.5%～62.1%，中部为40.7%～56.6%。5～30cm土层地温从上到下呈递减趋势，同一土层温度均为间作高于单作；5cm土层生育期内的平均地温间作比单作提高了1.0%～1.8%。收获期，间作青贮玉米株高、茎粗和叶面积指数比相同种植面积的单作玉米分别提高了2.3%～20.9%、0.4%～7.6%和2.2%～19.6%。间作复合群体的粗脂肪和粗蛋白含量比单作玉米分别提高了30.8%～59.1%和99.4%～137.5%，而鲜草和干草产量比单作玉米分别降低了22.7%～32.3%和17.6%～28.2%，比单作紫花苜蓿分别提高了156.7%～202.4%和176.5%～197.5%。间作紫花苜蓿初花期鲜草和干草产量及粗脂肪和粗蛋白含量表现出边行劣势，但差异不显著。综合分析表明，间作复合群体可充分利用田间光照和地温条件，并且紫花苜蓿是多年生豆科牧草，具有覆盖地面、防风固沙、培肥地力的作用，翌年5～6月份即可收获第一茬，不仅可以解决内蒙古因缺草而影响养殖业发展的问题，而且为间作青贮玉米提供了较大的生长空间。

李显瑞等（1999）在河北省滦平县以“豫玉”玉米品种与苜蓿间作进行试验，种植效益以“豫玉”品种平垄种植为例，种植密度42万株/hm^2，产量9万kg/hm^2，草粮间作比平垄种植玉米每0.66hm^2，增产1 000kg，以当年的价格进行计算，牧草新增加效益31 040元。

（二）玉米与三叶草间作

三叶草是一种多年生豆科植物，因植株生物量大，C/N高，同化能力强，生长迅速，产草量大而被作为牧草广泛种植。三叶草主要包括白三叶、红三叶和杂三叶。随着有机农业的兴起，近年来在欧洲逐渐开始应用于和黑麦草、早熟禾等禾本科植物间作，取得了良好的应用效果。

1. 分布地区和条件　在中国，玉米与三叶草间作模式主要分布于东北及华北部分地区。与玉米间作后，三叶草生物固N能力增强，为玉米生长提供N素，在种间竞争和互作过程中增强玉米生长势；同时，通过间作，增加复种指数，还能改善土壤群落和植物生境，使间作体系能充分利用光热资源，种间养分互作利于提高总的生

物量。

2. 规格和模式 将玉米、牧草间种。玉米实行宽窄行种植，宽行 120cm，窄行 60cm，株行距为 30cm×60cm，每亩留苗4 000株左右，用玉米种子 3kg；行间条播三叶草，播种行距 30cm，每亩用草籽 1kg，播前接种根瘤菌。

3. 技术要点

（1）品种选择 玉米选用中单2 号、沈单16、金象3 号、富农1 号、“豫玉”玉米等品种；三叶草选用适合当地种植的红三叶或白三叶品种。

（2）田间管理 播种时要施足农家肥或其他底肥；玉米下播时用辛硫磷和微肥拌种，在起垄时每亩施碳按 40kg，过磷酸钙 30～40kg；三叶草播种深度为 2cm，出苗后要及时拔除杂草。玉米按时除草和定苗；在拔节到大喇叭口期，每亩追硝铵或尿素 25～30kg，及时进行灌溉浇水；在生长后期要重点抓好黏虫、蚜虫和玉米螟的防治工作。三叶草可进行多次刈割。

4. 效益分析 张银燕等（2010）在中国农业大学上庄试验站研究甜玉米与三叶草间作的结果表明，间作处理甜玉米产量比单作甜玉米产量提高，提高幅度为 5.1%，植株鲜质量间作甜玉米比单作提高 8.0%；间作三叶草鲜质量比单作三叶草降低 267%，生物量比单作三叶草降低 285%，间作甜玉米与三叶草比单作甜玉米鲜质量提高 8.6%，生物量比单作玉米提高 9.3%。说明间作三叶草有利于提高甜玉米产量，总的生物量及土地利用率。间作三叶草有增加甜玉米产量和生物量的优势，而且间作三叶草可以有效降低土壤中矿质 N 含量，对于减少硝态 N 淋溶和减少环境为害有良好的作用，因此，间作三叶草作为有机农业中肥料来源具有良好的前景。

此外，尚有其他粮食作物与牧草间作的成功事例。如燕麦与箭筈豌豆间作，春小麦与白花草木樨、野豌豆间作等。可因地制宜应用，不多缀述。

二、粮药间作

（一）玉米间作穿龙薯蓣

穿龙薯蓣别名穿山龙、穿地龙、地龙骨、穿龙骨等。薯蓣科薯蓣属多年生草本植物。以根状茎入药。性平、味苦。有活血舒筋、消食利水、祛痰截疟等功能。过去常用于风寒湿痹、慢性气管炎、消化不良、劳损扭伤、疟疾、痈肿等症的治疗。现多用于提取薯蓣皂苷，是合成副肾皮质激素及口服和注射用避孕药物的主要原料。

主产于辽宁、吉林、黑龙江、河北、内蒙古、山西、陕西等地。穿龙薯蓣的栽培方法很多，但粮药间作效果很好。

1. 规格和模式

（1）穿龙薯蓣栽培方法

①垄栽 将备好的垄每隔一垄打去垄尖，于每条沟内按株距 10cm 左右摆放种栽。摆毕用小铧犁将未打望尖的垄犁开，盖住种栽，未盖上的要人工盖严，用耙子搂平。

②床栽 在备好的床面上开沟深 20cm 左右，将种栽摆放沟内，盖严。此法较上法使用种栽多，可提高单位面积的产量，但费工费时，不适用于大面积生产。

（2）种植玉米 穿龙薯蓣为缠绕藤本植物，可种植玉米为援物。据资料记载，检测不同郁闭条件下生长的穿龙薯蓣，其皂苷含量有较大差异。因此，玉米品种应选用矮株早熟品种。东北一般种植黑301，该玉米生长期短，植株矮小，有利于穿龙薯蓣见光生长。为便于管理，于苗床中间种植单行玉米。

2. 技术要点

（1）选地和整地

①选地 选择土质疏松肥沃、弱酸至弱碱、富含有机质、排水条件好的沙质壤土或壤土。选地时要按中药材生产质量管理规范要求，远离交通要道200m以外，有防护林为佳。土壤经检测，高残毒农药及重金属含量不超标。

②整地 秋季深翻地30～40cm，打破犁底层，冻死地下害虫及越冬虫卵、病原菌等。翌年春季，将地耕平，起60cm宽大垄或做成宽1～1.2m的苗床。结合整地对较贫瘠的地块，要施用充分腐熟的有机肥，如堆肥、厩肥、饼肥等，以改善土壤结构。播前用50%的多菌灵可湿性粉剂拌2～5倍细土，按15g/m^2的用量撒于床面，混于10cm深的土层中，以防止或减少根腐病的发生，方可作为栽培用地。

（2）繁殖材料的准备 穿龙薯蓣因种子胚后熟程度不同，出苗缓慢而不整齐，且幼苗生长纤弱，在生产上很少使用种子繁殖。生产中，一般采用根茎为繁殖材料，以先端幼嫩部分为最佳，其次为根茎中段，老根茎不宜使用。因此，应选择颜色鲜、无病虫侵染的先端幼嫩或中部根茎，切成10～15cm茎段，具2～3个潜伏芽。

（3）栽培时间 春季萌芽前和秋季枯萎后均可进行。一般不选择生长季节进行，一方面影响生长，降低产量，另一方面影响皂苷含量。

（4）田间管理

①玉米 同正常大田种植。适时间苗、定苗、追肥管理。

②穿龙薯蓣 苗出齐后及时进行田间除草。目前应采用人工除草，藤蔓未爬上玉米的要引蔓。整个生育期内不用追施肥料，待秋季收获玉米后，在苗床上盖5cm左右厚度的农家肥。经冬季的雪水渗透，一方面为土壤增加有机肥，另一方面改善土壤结构，翌年正常种植玉米。实践证明，此方法可行，栽培过程中未发现有病虫害发生。

（5）采收及产地

①采收时期 每年春季可采部分嫩芽食用，种植2～3年即可采收。穿龙薯蓣采收最佳期为5～7月，这时的薯蓣皂苷含量较高，平均为2.24%。

②采收方法 穿龙薯蓣可在同期一次采收，也可分期分批收获。采收中，要防止切破或碰伤根茎。同时，将腐败叶集中销毁，以消灭病虫害。收获后，应尽快运到仓库贮藏或运回进行干燥处理，及时销售。

穿龙薯蓣根茎的干燥方法很多，可晒干、炕干、阴干和炒干。其中，晒干及炕干方法最好，对薯蓣影响小，且不易引起霉变或腐烂。要进行晾晒，晾晒场地要远离公路及有毒气、污物排放的地方。

（6）商品质量标准 穿龙薯蓣根茎呈类圆柱形，稍弯曲，常分枝。长10～15cm，直径0.3～0.5cm，表面黄白色或棕黄色，有不规则纵沟，并有点状根痕，偶有膜状浅棕色外皮和细根。质坚硬，断面平坦，白色或黄白色，散有淡棕色维管束小点，气微，味

苦涩。

目前，收购穿龙薯蓣为干品混等收购，质量标准应符合《中华人民共和国药典》的规定。

3. 效益分析 一般玉米间作穿龙薯蓣，每亩产干品穿龙薯蓣350～450kg，当前市场价格为6～8元/kg，每亩3年产值为2 100～3 200元；每亩产玉米籽粒200～300kg，每年产值为400～600元。玉米间作穿龙薯蓣经济效益显著。

（二）小麦、玉米间作旱半夏

旱半夏又名三叶半夏，三叶草，噎狗旦等。为常用中药。来源于天南星科植物半夏的干燥茎块。性温，味辛，有毒。具有燥湿化痰，降逆止呕，消痞散结之功效。生用外治疽肿。近年来随着需求量逐年递增，市场价格总是稳中有升，是较理想的发展品种之一。若小麦、玉米间作旱半夏，可充分利用空间和荫蔽的环境，有利于旱半夏的生长，使种植户收入增加。

1. 规格和模式 根据旱半夏怕强光，怕高温，喜温和湿润气候和荫蔽环境的习性，5月25日前后，在备好的畦埂上点玉米1 700～2 000穴，每穴留双棵。每亩产量一般在500kg左右。9月底收获半夏、玉米后，按常规的种植模式种植小麦，半夏不用再播种。小麦收获后，按常规的种植模式再播种玉米，玉米1.5m一行，为半夏多留生长空间，一次投入，多年受益。

2. 技术要点

（1）地块选择 旱半夏怕强光，怕高温（倒苗），喜温和湿润的气候和荫蔽环境，怕干旱，耐寒。因此，选择土层深厚，肥沃疏松，比较潮湿的沙质壤土种植为宜。

（2）栽培技术

①整地施肥 地块选择后，每亩施农家腐熟羊粪3～5m^3，过磷酸钙50kg，草木灰150kg（$K_2SO_4$20kg），尿素10kg作基肥，使有机肥与化肥充分混合。深耕细耙做1m宽的条畦待播。留畦宽1m，其中，埂宽0.2m，高0.15m，埂内再施入二氨30kg，$K_2SO_4$10kg，$ZnSO_4$2kg，与土壤充分拌匀，复埂。

②播种方法 通常采用块茎繁殖。用5%草木灰液浸种2h，晾干水气即可栽种。可一年三种三收，即4月种，7月收；7月种，9月收；9月种，翌年4月收。每亩用种块数量，因大小块茎而定，一般用量50～100kg/亩。

在待播的条畦中，耠三个宽幅沟，沟深5cm，宽15cm，用推锄在沟底走一下，把种块均匀撒入沟内，顶芽向上，株距3～5cm交叉（密度大些可增产），覆土擦平，稍加镇压，喷施乙草铵除草剂封地面。如遇干旱，应先洇地，再耕地播种，温度20℃左右，15d可出苗。

（3）田间管理 幼苗期要经常松土，锄草，并注意及时浇水。在旱半夏生长一个月左右，叶柄上生出珠芽，即开始培土。珠芽在土中才能生根发芽，并每亩追施尿素15kg。旱半夏生长的最适温度为20～25℃，达到30℃生长缓慢，达到35℃开始倒苗。为适应半夏生长，麦收后还可在半夏田间撒放一些麦秸，不宜太厚。进入6～7月份可分别喷施一次叶面肥。半夏生长后期，要剪除花蒂，以免消耗养分，影响块茎生长。

（4）病虫害防治　早半夏病虫害主要有块茎腐烂病和天蛾幼虫。如严重年份7～8月天蛾幼虫咬食叶片，可使用生物制剂喷治。用5%草木灰溶液浸种和诱导剂营养液喷洒叶面，可有效预防病虫害发生。

（5）收获加工　当气温低于13℃时（白露），叶子变黄色时即可收刨。此时易去皮，粉性足，产量高，质量优。收刨过晚，难去皮，产量低，质量差。采收时，可犁起过筛收获。仔细挑株，大的入药，小的作种苗。入药的先堆积室内4～5d，使其发汗便于脱皮。然后装入麻袋，放在木板或石板上，边沾水边穿胶鞋踩，进行脱皮，然后倒入筛子浸入水中，漂去皮渣，晒干后即可直接出售。

3. 效益分析　小麦、玉米间作半夏，一般产半夏鲜品450～800kg/亩，收入1 800～3 200元/亩。

（三）玉米、豆类间作牛蒡子

1. 规格和模式　玉米于4月上中旬播种。山坪区在垄上以“品”字形开穴点播两行玉米，每穴2粒，行距40cm，穴距25～30cm，播种量37.5～45.0kg/hm^2；川坪区在垄上穴播3行，穴距25～30cm，行间距30cm，播种量37.5～45.0kg/hm^2。

豆类于3月下旬在垄间距内点种2～3行，豌豆、大豆、蚕豆的播种量分别为50～80kg、30～45kg、70～100kg/hm^2，株距分别为8～10cm、20～25cm、10～12cm，行距均为30～40cm。

牛蒡子于5月上旬结合玉米、豆类定苗时播种。

山坪区按穴行距60cm×60cm、川坪区按穴行距80cm×80cm间作穴播于玉米和豆类种植带中（即垄上和垄间各种1行），每穴点播牛蒡子5粒。

2. 技术要点

（1）选地整地，重施基肥　选择土层深厚、肥沃、土质疏松，具备排灌条件无连作的川地或梯田，前茬作物以小麦、马铃薯为宜。3月下旬先将腐熟有机肥60～75t/hm^2、过磷酸钙750kg/hm^2、尿素300kg/hm^2、K_2SO_4 150kg/hm^{2}混匀，再用40%辛硫磷乳油3.75kg/hm^{2}加适量水喷施，药、肥拌匀后撒施于地表，翻耕卧肥。

（2）选用良种　玉米选用抗病性较好，抗逆性强，早熟或中熟，紧凑型的大穗玉米良种酒试20、沈单16、金象3号、富农1号及金穗系列品种等。牛蒡子选用适宜本地栽种的高产品种；豆类可选用豌豆品种针叶豌豆MZ-1，蚕豆品种临蚕3号、临蚕5号，直立型高产大豆品种六月黄等。

（3）种子处理　玉米、豆类、牛蒡子均选取干、净、纯、饱满、发芽率高、发芽势强、无病虫、无霉烂的包衣或经拌种的良种。播前将40%辛硫磷乳油稀释5倍，然后按药、种比为1∶200的比例拌种（牛蒡子或豆类种子），搅拌均匀后，置阴凉处稍闷种，待种子干爽时播种。

（4）起垄覆膜

①起垄　起垄前先平整地面，喷施50%乙草胺乳油500倍液，然后起垄。在灌溉条件有限的山坪区，垄高5～8cm，垄宽60cm，垄间距40cm；在灌溉条件良好的川坪区，垄高5～8cm，垄宽100cm，垄间距60cm。

②覆膜　起垄后立即在垄上覆膜。地膜应紧贴垄面拉直，膜面以平整光滑无皱为准，并用湿土封好地膜边缘并压实，以防大风吹起地膜。

（5）田间管理

①放苗、定苗　玉米出苗后及时放苗，防止地膜烫伤和机械损苗。5 月上中旬 5～7 叶时定苗，每穴留 1 株玉米，地边四周隔行穴留 2 株，定苗后湿土封口，保苗 5.25 万株/hm^2左右；豆类 4 月下旬定苗，株距蚕豆 10～12cm、大豆 20～25cm、豌豆 8～10cm；牛蒡子于 10 月上旬即玉米收割后，选择壮苗按穴行距定苗，每穴定植 1 株，川坪区保苗 1.50 万株/hm^2，山坪区保苗 1.80 万～2.10 万株/hm^2。

②肥水管理　豆类、玉米在定苗后 7d 内各喷施 1 次 KH_2PO_4，用量 1.5～2.0g/kg。豆类在苗期、蕾期，玉米在拔节期、喇叭口期，牛蒡子在苗期、拔节期（种植翌年）、蕾期各喷施 1 次 KH_2PO_4，用量 1.5～2.0g/kg，以促进生长，提高植株抗病抗逆能力。6 月上中旬（玉米拔节期）追施尿素 300kg/hm^2。翌年春给牛蒡子基施 NH_4NO_3 225kg/hm^2，7 月上旬（牛蒡子蕾期）再追施 NH_4NO_3 225kg/hm^2，以促进籽粒饱满和提高产籽量。并视天气情况，在玉米拔节期、喇叭口期和牛蒡子越冬期各灌水 1 次，忌大水漫灌，发生水涝。

③豆类摘心　大豆、蚕豆在株高 60～80cm、开花加层时摘心，以促进豆荚生成和籽粒饱满。

（6）病虫害防治　在豆类苗期、蕾期喷施 0.9% 虫螨克乳油 3 000 倍液 1 次，以防治斑潜蝇、豌豆象甲及大豆红蜘蛛；用千斤豆 375g/hm^2 加水 240kg + 40% 多菌灵可湿性粉剂 600 倍液喷施防治豆类叶紫斑病。

玉米黏虫发生时，喷施 90% 敌百虫晶体 300 倍液防治；茎基腐病（心叶扭卷病）喷施 70% 代森锰锌可湿性粉剂 500 倍液防治。蚜虫为害严重的地块，喷施 50% 抗蚜威可湿性粉剂 3 000 倍液防治。

（7）适时收获　豆类以地上部分枝叶枯黄、豆荚干褐不脱粒时收获为宜。玉米以苞叶干黄、籽粒变硬时收获为宜。

牛蒡子在六成以上穗球变褐色而不散籽时整株收割，并堆放至穗球自动脱落散籽时打碾。

3. 效益分析　赵永红等（2007）在甘肃省临洮县南部高寒二阴区进行玉米豆类牛蒡子间作套种试验。结果表明，地膜玉米套种豆类间作牛蒡子是充分利用农业免（休）耕技术和高寒二阴区域性气候特点，获得高产、高效的特色种植模式。玉米平均产量 9 000 kg/hm^2，产值 12 000 元/hm^2；豆类平均产量 1 650kg/hm^2，产值 4 500 元/hm^2；牛蒡子产籽量 2 250～3 000kg/hm^2，产值 1 300 元/hm^2。平均年收入 17 800 元/hm^2。该模式种收简单，节省人力，耐瘠薄土壤，适合山坪川区大面积推广应用。

本章参考文献

1. 安邦 . 2004. 夏甘薯间作模式 . 河南科技，（4）：12

2. 曹涤环 . 2011. 夏种芝麻夺高产 . 四川农业科技，（9）：33

3. 曹佩丽，王安宁 . 2011. 蚕豆田间管理技术 . 农技服务，28（7）：951，954

4. 陈鑫伟，王艳敏，张福娟 . 2010. 大豆与高粱间作套种试验研究 . 现代农业科技，(20)：62

5. 陈玉香，周道玮，张玉芬 . 2004. 玉米、苜蓿间作的产草量及光合作用 . 草地学报，(2)：107～112

6. 陈志国 . 2005. 河西走廊地区啤酒大麦栽培技术浅谈 . 大麦科学，(2)：17～18

7. 程须珍，王素华 . 1993. 绿豆间种栽培技术 . 作物杂志，(1)：26

8. 程立志 . 2010. 花生高产栽培技术 . 吉林农业，(12)：171～172

9. 崔鸣，王玉波，有晓康等 . 1997. 夏玉米间作甘薯不同带型试验研究，玉米科学，5（4)：62～64

10. 丁爱华，牟金明，梁煊赫等 . 2003. 蓖麻、黑豆间作对黑豆主要害虫防除效果的研究 . 吉林农业大学学报，25（6)：598～601

11. 董艳 . 2011. 玉米∥大豆种植技术及效益分析 . 河北农业科技，(12)：12～13

12. 董志刚 . 2001. 平凉地区马铃薯脱毒品种及配套增产技术 . 中国马铃薯，15（1)：46～47

13. 杜心田等 . 2003. 作物群落栽培学 . 郑州：郑州大学出版社

14. 段炳伟 . 2008. 粮经间作套种效益高 . 河南农业，(17)：39

15. 樊建东，李淑珍，雒建明 . 2007. 向日葵间作杂豆增效益 . 农村实用科技信息，(5)：6

16. 范志杰，余明序，李跃先等 . 1995. 麦棉间作套种栽培技术 . 山西农业，(3)：25

17. 方春安，赵伶 . 2000. 马铃薯间作玉米亩产吨粮栽培经验 . 河北农业，(1)：29

18. 冯秀芳，武田文 . 2002. 夏玉米间作红小豆高产栽培技术 . 中国种业，(11)：30～31

19. 高久青 . 2001. 早春毛豆、玉米覆膜间作及连作晚粳栽培技术 . 安徽农业，(2)：19

20. 高俊山，陈强，吕忠诚等 . 2010. 胡麻高产栽培技术 . 内蒙古农业科技，(1)：128

21. 高阳，段爱旺，刘祖贵 . 2009. 间作种植模式对玉米和大豆干物质积累与产量组成的影响 . 中国农学通报，25（2)：214～221

22. 高子松 . 1995. 花生间、套种甘薯增产技术 . 福建农业科技，(4)：35

23. 耿广东，宋碧，冯道友等 . 2008. 玉米与生姜间作复种系统增产增效分析 . 安徽农业科学，(21)：8 991

24. 巩固，张战伟，王素真 . 2001. 小麦、油菜、棉花、花生间作套种栽培模式 . 河南农业科学，(3)：32

25. 宫秀杰，滕云飞，钱春荣等 . 2010. 玉米∥辣椒复合群体生理效应研究Ⅰ. 不同间作方式对玉米/辣椒光合作用速率和产量的影响 . 中国农学通报，26（2)：111～114

26. 郭贵敏，李正强，杨顺国 . 2006. 花生、甘薯间作对退耕还林幼树生长的影响 . 贵州农业科学，(2)：47～48

27. 韩仲芳，苏年贵 . 1991. 地膜覆盖下高粱间作玉米模式研究 . 山西农业科学，(6)：10～11

28. 郝荣琪 . 2011. 绿豆高产栽培技术 . 吉林蔬菜，(3)：29 ~ 30
29. 郝生 . 2010. “东方亮”谷子栽培技术 . 农业技术与装备，(5)：61 ~ 62
30. 何桃元 . 1999. 红小豆与玉米间作试验 . 湖北农业科学，(6)：24 ~ 26
31. 侯志研，朱勇，惠成章等 . 2004. 阜新地区春小麦春玉米间作高产栽培技术研究初报 . 辽宁农业科学，(2)：47
32. 黄高宝，张恩和 . 2002. 调亏灌溉条件下春小麦玉米间套农田水、肥与根系的时空协调性研究 . 农业工程学报，(1)：53 ~ 56
33. 黄灵丹，李侠，温晓霞等 . 2010. 不同施肥方式对麦辣套作冬小麦旗叶生理特性及产量的研究 . 广东农业科学，(6)：15 ~ 17
34. 黄颂禹 . 2007. 春玉米、春毛豆、夏玉米、秋豌豆、青菜高效种植 . 农家致富，(2)：35 ~ 36
35. 黄正强，刘时椿，苏跃 . 2010. 夏甘薯不同密度与玉米间作试验初报 . 安徽农学通报，(7)：72
36. 黄子乾，赖廷锋，韩宗岚 . 2009. 大蒜间作马铃薯免耕测土配方施肥栽培技术 . 中国园艺文摘，(8)：167
37. 黄兆升，刘祥宽，薛振山 . 1992. 棉麦两熟的经济效益与主要配套技术 . 中国棉花，(1)：29 ~ 30
38. 姜学平，董家行，刘敏等 . 2003. 花生玉米间作立体种植技术 . 河北农业科技，(6)：7 ~ 8
39. 焦念元，宁堂原，赵春等 . 2006. 玉米花生间作复合体系光合作用特性的研究 . 作物学报，32（6）：917 ~ 923
40. 焦念元，陈明灿，宁堂原等 . 2007. 玉米花生间作对玉米干物质积累与分配的影响 . 安徽农业科学，35（36）：1 782 ~ 1 783
41. 焦念元，陈明灿，付国占等 . 2007. 玉米花生间作复合群体的光合作用物质积累与叶面积指数变化 . 作物杂志，(1)：34 ~ 35
42. 寇长林，王秋杰，武继承等 . 2000. 玉米花生间作系统优化配置模式研究 . 耕作与栽培，(6)：14 ~ 15
43. 兰祖铨 . 2003. 菇耳与玉米间作栽培技术 . 农家科技，(5)：31
44. 李彬 . 2008. 花生套种甘薯栽培技术 . 现代农业科技，(3)：163
45. 李潮海，孙敦立，马新明等 . 1992. 玉米绿豆间作方式及效益 . 作物杂志，(3)：30 ~ 31
46. 李福忠，孟宪杰，史坚 . 2004. 啤酒大麦优质栽培技术要点 . 大麦科学，(1)：14 ~ 15
47. 李洪材 . 2004. 玉米间作西葫芦越夏种植效益高 . 农村新技术，(6)：8
48. 李茂海，张秀丽，谭世基等 . 2008. 宁南山区马铃薯间作蚕豆栽培技术要点 . 农业科技通讯，(3)：108
49. 李盼，王建国，刘勇等 . 2010. 小麦间作油菜对麦长管蚜天敌功能团的影响 . 江西植保，(2)：64 ~ 68

50. 李品汉 . 2009. 春玉米间作南瓜高效种植技术 . 科学种养，(1)：14 ~ 15

51. 李清泉，王芳，王成等 . 2007. 北方旱地谷子绿豆立体栽培技术研究 . 黑龙江农业科学，(5)：38 ~ 40

52. 李清泉，王芳，王成 . 2007. 旱地谷子绿豆分带等宽栽培增产效果初探 . 作物杂志，(2)：71 ~ 72

53. 李秋祝，余常兵，胡汉升等 . 2010. 不同竞争强度间作体系氮素利用和土壤剖面无机氮分布差异 . 植物营养与肥料学报，16 (4)：777 ~ 785

54. 李显瑞，于清军，吴喜才等 . 1999. “紫花苜蓿∥玉米”草粮间作应用效益分析 . 草业科学，(6)：23 ~ 25

55. 李新，王树仁 . 2004. 胡麻间作套种马铃薯的试验研究 . 内蒙古气象，(2)：23 ~ 24

56. 李延超，马士杰，李晓红等 . 2011. 大豆间作玉米免耕加密栽培技术 . 内蒙古农业科学，(2)：123

57. 李永清，王玉珍 . 2002. 临夏高寒阴湿区蚕豆∥马铃薯复合种植适宜密度试验研究. 甘肃农业科技，(9)：8 ~ 9

58. 李永春 . 2009. 西芹间作玉米越夏高效栽培技术 . 科技致富向导，(7)：10 ~ 11

59. 李友军，韩如岩，袁宝玉等 . 1995. 甘薯∥绿豆增收技术 . 作物杂志，(5)：27 ~ 28

60. 李愚超 . 2006. 晚熟甜瓜与花芸豆间作栽培技术 . 新疆农业科技，(6)：24 ~ 25

61. 李玉英，余常兵，孙建好等 . 2008. 蚕豆∥玉米系统经济生态施氮量及对氮素环境承受力 . 农业工程学报，24 (3)：223 ~ 227

62. 李玉英，孙建好，李春杰等 . 2009. 施氮对蚕豆∥玉米系统蚕豆农艺性状及结瘤特性的影响 . 中国农业科学，42 (10)：3 467 ~ 3 474

63. 梁泉，尹元萍，杨通新 . 2004. 玉米∥大豆试验初步研究 . 耕作与栽培，(5)：16 ~ 19

64. 梁天军 . 2010. 玉米间作豇豆栽培技术 . 农村科技，(3)：20

65. 林叶春，曾昭海，胡跃高 . 2009. 春马铃薯间套两茬燕麦生产研究 . 中国农学通报，25 (8)：146 ~ 149

66. 刘广才，李隆，黄高宝等 . 2005. 大麦∥玉米优势及地上部和地下部因素的相对贡献研究 . 中国农业科学，38 (9)：1 787 ~ 1 795

67. 刘广才，杨祁峰，李隆等 . 2008. 小麦∥玉米优势及地上部与地下部因素的相对贡献 . 植物生态学报，32 (2)：477 ~ 484

68. 刘红光，孙慧博，刘婷婷等 . 2010. 蓖麻间套作高效栽培模式 . 农业科技通讯，(6)：102 ~ 104

69. 刘慧，刘景辉，李倩等 . 2007. 燕麦与不同作物间作群体效应研究 . 华北农学报，22 (专辑)：10 ~ 15

70. 刘景辉，曾昭海，焦立新等 . 2006. 不同青贮玉米品种与紫花苜蓿的间作效应 . 作物学报，32 (1)：125 ~ 130

71. 刘晓霞，李瑞国，高念 . 2005. 粮菜间作、套种一年三熟高效种植模式 . 蔬菜，(11)：18～19

72. 刘智颖 . 2010. 玉米间种矮生芸豆立体通透高产高效栽培技术 . 中国农村小康科技，(1)：41，46

73. 路海东，贾志宽，杨宝平 . 2010. 宁夏南部旱区坡地不同粮草带比间作种植模式比较 . 生态学报，30 (21)：5 941～5 948

74. 路海东，贾志宽，杨宝平等 . 2010. 宁南旱区坡地不同粮草间作模式下产量和土壤水分利用效应 . 草地学报，18 (2)：242～246

75. 罗丹娜，董然，于向丽等 . 2001. 马铃薯高淀粉品种与蜡质玉米间作高产栽培技术 . 农村科学实验，(4)：10

76. 马庆华，袁宝玉，韩如岩 . 1996. 甘薯与绿豆间作配套技术的研究 . 耕作与栽培，(3)：8～11

77. 马秀杰，张耀安 . 2006. 间作对绿豆产量的影响 . 农业与技术，26 (1)：124～125

78. 马召林，侯雪琪，高占民 . 1995. 食用豆类作物及其栽培技术 . 现代化农业，(3)：13～16

79. 孟宪政，左双喜，袁海波等 . 2007. 高粱、大豆间作套种试验 . 种业导刊，(1)：30

80. 缪敬霖，李方华 . 2010. 制种油葵与豌豆间作栽培技术 . 中国果菜，(5)：5

81. 彭秋，雷文权，何庆才等 . 2008. 高粱//大豆对高粱螟虫发生的影响 . 农技服务，25 (9)：69

82. 蒲国年 . 2007. 大蒜间作玉米复种大白菜高效种植模式 . 农技服务，(2)：18

83. 任凤清，张立祥，张忠俊 . 2007. 玉米与大豆间作生控剂“三高”栽培技术 . 农村实用科技信息，(12)：5

84. 任洪达，姜振侠 . 2006. 春小麦与春玉米间作高产栽培技术 . 现代农业科技，(3)：37

85. 任生兰，刘彦明，边芳 . 2011. 燕麦栽培技术 . 现代农业科技，(1)：88

86. 史中欣，柴强，杨彩虹等 . 2011. 带型配置及施氮量对玉米间作豌豆产量和水分利用效率的影响 . 甘肃农业大学学报，46 (1)：39～43

87. 宋日，牟瑛，王玉兰等 . 2002. 玉米、大豆间作对两种作物根系形态特征的影响 . 东北师大学报：自然科学版，34 (3)：83～86

88. 孙梅英，崔向华，徐新福等 . 2004. 夏芝麻与多种作物间作、套种效果与高产配套技术 . 安徽农业科学，32 (5)：882，889

89. 孙建东 . 2006. 玉米//芸豆卖价高 . 农村新技术，(1)：53

90. 孙守如，孔德政，马长生 . 1999. 粮菜间作不同带向温光效应及效益分析 . 河南农业大学学报，(3)：253～255

91. 孙雁，周天富，王云月 . 2006. 辣椒玉米间作对病害的控制作用及其增产效应 . 园艺学报，33 (5)：995～1 000

92. 孙中冲 . 2007. 玉米田间作大葱高产栽培技术 . 农业知识：增收致富，（5）：8 ~ 9

93. 谭忠芳，林瑛 . 1998. 蚕豆、马铃薯带状种植技术 . 农村实用工程技术，（5）：17

94. 唐劲驰，Ismael A. Mborehal，佘丽娜等 . 2005. 大豆根构型在玉米//大豆系统中的营养作用 . 中国农业科学，38（6）：1 196 ~ 1 203

95. 唐文雪，杨思存，马忠明 . 2009. 沿黄灌区玉米套种针叶豌豆栽培模式研究 . 甘肃农业科技，（5）：7 ~ 10

96. 陶志强，柴强，杨彩红 . 2011. 交替灌溉对间作小麦蚕豆产量和根系的影响 . 甘肃农业大学学报，46（1）：34 ~ 38

97. 田慧 . 2002. 蓖麻栽培技术 . 现代化农业，（12）：18

98. 滕雪梅 . 2005. 穿龙薯蓣同玉米间作栽培技术 . 人参研究，（4）：29

99. 王斌 . 1997. 绿豆栽培技术 . 陕西农业，（6）：5

100. 王彩萍 . 2008. 钾肥不同用量对小麦//玉米套种产量的影响 . 农村服务，（12）：47

101. 王光，纪祥龙，王万磊等 . 2010. 间作大蒜或油菜麦田中麦蚜主要天敌群落的时间动态 . 环境昆虫学报，32（3）：295 ~ 298

102. 王国权，王佩汤 . 1990. 临泽县小麦甜菜带田栽培技术要点 . 甘肃农业科技，（5）：13 ~ 14

103. 王海燕，王晓玲 . 2007. 马铃薯间作蚕豆的效益评价与栽培研究 . 内蒙古农业科技，（3）：37 ~ 40

104. 王树立 . 2009. 大豆与玉米间作高产栽培配套技术 . 现代农业科技，（4）：188

105. 王万磊，刘勇，纪祥龙 . 2008. 小麦间作大蒜或油菜对麦长管蚜及其主要天敌种群动态的影响 . 应用生态学报，19（6）：1 331 ~ 1 336

106. 王伟，姚举，李号宾等 . 2009. 新疆麦棉间作布局及麦棉比例与棉田捕食性天敌发生的关系 . 植物保护，（5）：43 ~ 47

107. 王文川 . 1994. 甘肃武威甜菜带田生产现状与对策 . 中国甜菜，（2）：33 ~ 35

108. 王小明，谢瑾，尹彩云 . 2011. 凉州区地膜玉米套种豌豆栽培技术 . 甘肃农业科技，（2）：61 ~ 62

109. 王旭，曾昭海，朱波 . 2007. 箭筈豌豆与燕麦不同间作混播模式对产量和品质的影响 . 作物学报，33（11）：1 892 ~ 1 895

110. 王旭，曾昭海，朱波等 . 2009. 燕麦与箭筈豌豆不同混作模式对根际土壤微生物数量的影响 . 草业学报，（6）：151 ~ 157

111. 王永平 . 1993. 关于发展甜菜带田的初步探讨 . 甘肃农业科技，（3）：28 ~ 30

112. 王永平，王炳书 . 1994. 河西走廊灌区间作套种下甜菜规范化栽培技术研究 . 中国甜菜，（1）：7 ~ 12

113. 王永胜 . 2009. 左云县马铃薯高产栽培技术 . 内蒙古农业科技，（6）：115 ~ 116

114. 王照霞，郭贤仕，马一凡等 . 2005. 青贮玉米//豌豆对产量和水分利用效率的影响 . 甘肃农业大学学报，40（4）：492 ~ 497

115. 王振学，王子勤，赵东 . 2011. 甘薯高产栽培技术 . 中国种业，（11）：24 ~ 25

116. 王自力，杨爱梅，刘忠玲等. 2010. 洛阳旱地西瓜间作甘薯效益及技术要点. 农业科技通讯，(12)：221～222

117. 文雁成，宋文光. 1993. 不同类型的品种油菜与小麦间作效应研究. 河南农业科学，(12)：8～9

118. 吴明开，曹国，张荣达等. 2003. 马铃薯套作玉米良种优化效果研究. 耕作与栽培，(5)：3～4，37

119. 肖靖秀，郑毅，汤利等. 2005. 小麦//蚕豆系统中的氮钾营养对小麦锈病发生的影响. 云南农业大学学报，20 (5)：641～645

120. 肖焱波，李隆，张福锁. 2003. 小麦//蚕豆中的种间氮营养差异比较研究. 植物营养与肥料学报，9 (4)：396～400

121. 肖焱波，李隆，张福锁. 2005. 小麦//蚕豆体系中的种间相互作用及氮转移研究. 中国农业科学，38 (5)：965～973

122. 肖焱波，段宗颜，金航等. 2007. 小麦//蚕豆体系中的氮节约效应及产量优势. 植物营养与肥料学报，13 (2)：267～271

123. 肖焱波，郭涛，魏朝富等. 2008. 不同轮作方式下蚕豆节约氮对玉米产量的影响. 中国农学通报，24 (6)：186～189

124. 熊飞. 2008. 高寒山区旱地粮菜高效间套作新模式. 科学种养，(8)：23

125. 杨春莲，付保来，武会来. 2009. 小麦//玉米旱半夏增效配套技术. 河北农业，(6)：12

126. 杨和团，杨家贵，谢艳芬. 2010. 大麦间作蚕豆高效栽培研究. 大麦与谷类科学，(3)：24～26

127. 杨建清，刘月宝，王洋喜. 2011. 旱地马铃薯、蚕豆不同间作方式效益比较. 甘肃农业科技，(11)：19～21

128. 杨进成，刘坚坚，安正云等. 2009. 小麦//蚕豆控制病虫害与增产效应分析. 云南农业大学学报：自然科学版，24 (3)：340～348

129. 杨柳，张振乾，谭太龙. 2010. 油菜高产栽培技术. 现代农业科技， (11)：74，82

130. 杨守宇，田恩平，温敏等. 1993. 马铃薯间作蚕豆的效益评价与栽培技术研究. 马铃薯，(4)：234～238

131. 姚向高，李志民等. 1997. 春玉米生姜间作不同配置方式作物生理效应及综合效益研究. 中国农业大学学报，(5)：85～89

132. 叶优良，肖焱波，黄玉芳等. 2008. 小麦//玉米和蚕豆//玉米对水分利用的影响. 中国农学通报，24 (3)：445～449

133. 叶优良，李隆，孙建好. 2008. 3 种豆科作物与玉米间作对土壤硝态氮累积和分布的影响. 中国生态农业学报，16 (4)：818～823

134. 余娟. 2010. 玉米间作结球甘蓝高效栽培技术. 现代农村科技，(16)：11～12

135. 喻文凤. 2009. 生姜间作玉米高效种植技术. 现代农村科技，(22)：7

136. 于勇，秦宏，何峰等. 2010. 向日葵间作套种的优点及方式. 现代农业科技，

(17)：95，98

137. 詹玉丝，张国强，周顺等 . 2001. 黄河流域麦茬番茄间作玉米栽培技术 . 长江蔬菜，(6)：18 ~ 19

138. 张恩和，李玲玲等 . 2002. 供肥对小麦间作蚕豆群体产量及根系的调控 . 应用生态学报，13（8）：939 ~ 942

139. 张洁，雷全奎，逯怀森等 . 2002. 旱地谷子//玉米节水高效模式及栽培技术 . 陕西农业科学，(10)：38 ~ 44

140. 张兰新，封秀芹，高保国 . 2010. 魔芋//玉米套种栽培技术 . 汉中科技，（4）：32 ~ 33

141. 张礼军，张恩和，黄高宝 . 2007. 灌溉与供磷对小麦//玉米//马铃薯间作系统小麦产量和品质的调控效应 . 麦类作物学报，27（4）：687 ~ 692

142. 张书华，李士敏，叶知秋 . 2003.《万亩吨粮田综合配套技术应用研究与示范》项目经济效益分析报告 . 贵州农业科学，31（增刊）：21 ~ 25

143. 张雄，山仑，李增嘉等 . 2007. 黄土高原小杂粮作物生产态势与地域分异 . 中国生态农业学报，15（3）：80 ~ 85

144. 张伟，陈源泉，隋鹏等 . 2009. 华北平原粮田替代型复合种植模式生态经济比较研究 . 中国农学通报，25（8）：241 ~ 245

145. 张银燕，高丽红，周文萍 . 2010. 间作三叶草对大田甜玉米产量品质及土壤矿质氮的影响 . 华北农学报，25（B08）：236 ~ 238

146. 张莹，孙占祥，李爽 . 2010. 辽西半干旱区玉米//大豆单间作田间耗水规律研究. 干旱地区农业研究，(5)：43 ~ 46

147. 张玉允，徐文君，王燕等 . 2007. 玉米间作夏芸豆不同播期试验 . 中国农村小康科技，(7)：32 ~ 33

148. 赵秉强，李凤超 . 1999. 粮菜间套作带型运用规律的研究 . 作物学报，（3）：356 ~ 363

149. 赵永红 . 2007. 高寒二阴区玉米豆类牛蒡子间作套种技术 . 甘肃农业科技，(8)：59 ~ 60

150. 周大荣，宋彦英，王振营等 . 1997. 玉米赤眼蜂适应生境的研究与利用Ⅲ. 夏玉米间作匍匐型绿豆对赤眼蜂的增诱作用及其在穗期玉米螟防治中的利用 . 中国生物防治，13（3）：97 ~ 100

151. 周连山，王晓滨 . 2000. 豌豆栽培技术 . 北方园艺，13（1）：53

152. 周培玲 . 2009. 大蒜、菠菜、西瓜、玉米、绿豆间作套种技术 . 科学种养，(1)：23

153. 周苏玫，马淑琴，李文等 . 1998. 玉米//花生系统优势分析 . 河南农业大学学报，32（1）：17 ~ 22

154. 周照留，赵平，汤利 . 2007. 小麦//蚕豆对作物根系活力、蚕豆根瘤生长的影响. 云南农业大学学报，22（5）：665 ~ 671

155. 字淑慧，王丽，钟禄等 . 2010. 不同间作模式对丘北辣椒病虫害的影响 . 云南大

学学报（自然科学版），32（6）：733～739

156. 祖艳群，胡文友，吴伯志等 . 2008. 不同间作模式对辣椒养分利用、主要病虫害及产量的影响 . 武汉植物学研究，（4）：412～416

157. 左元梅，李晓林，曹一平等 . 2003. 河南省沙区玉米//花生对花生铁营养效率及间作优势的影响 . 作物学报，29（5）：658～663

第二章　经济作物间作

第一节　经济作物之间的间作

一、花生与芝麻间作

（一）分布地区和条件

花生在中国各地均有种植，主要分布于辽宁、山东、河北、河南、江苏、福建、广东、广西、贵州、四川等地。芝麻分布广，但主产区集中在江淮流域，其中，河南省的种植面积占全国的1/3。

花生与芝麻间作，多见于东北南部、华北地区。宜选择色泽浅，质地疏松，排水良好的沙壤土种植。对于丘陵山地，水土流失严重的地块，需整修水平梯田、深耕，以加深活土层，耕深要达到26～32cm。对于土质瘠薄、土壤有机质含量低、保水保肥能力差的地块，要增施有机肥，或施用河泥、塘泥、淤泥等。黏土地要掺沙。实行3～4年的合理轮作制，要避免花生与豆类作物倒茬。在当地花生播种面积大，倒不开茬时，需采取深翻、深刨和增施有机农肥等措施加以补救。

（二）规格和模式

花生和芝麻间作的行比，河南等地区是4行花生间作2行芝麻或6行花生间作2行芝麻。这两种间作方式的群体结构较为合理，既可以发挥芝麻的边行优势，增加芝麻的产量，又可以减少芝麻对花生的遮阳，获得一定的花生产量。一般芝麻行距40cm，株距20cm。花生行距33cm，株距10cm。芝麻留苗约6.75万株/hm^2，花生留苗约15万株/hm^2。东北地区，先播种花生，行距40cm，两边留10cm，行间播种芝麻。京津地区地膜花生和芝麻间作，多采用地膜花生行间点播少量芝麻的作法。

高秆作物芝麻和矮秆作物花生搭配，可形成通风透光的良好群体，减轻病虫草害发生，为高产高效打下坚实的基础。深根的花生和浅根的芝麻搭配，可以充分利用土壤中的养分和水分。花生的成熟期要晚些，芝麻的成熟期要早些，这样有利于收获，同时，使主作物后期得到充足的光能而获取高产。花生密度大，种宽行，芝麻密度要小，种窄行。这样可以保证作物的增产优势，达到花生芝麻双丰收。

（三）技术要点

1. 选择适宜的品种 花生应当选择株型紧凑、直立的品种，给芝麻的生长留出一定空间；生育期较短的早熟品种，荚果充实较快，后期芝麻对其影响较小；抗逆性强的品种，对干旱、渍涝及各种病害有较强的抵抗能力。芝麻应当选择单秆、株高中等、早熟、抗逆性较强的品种。既能保证自身正常的生长发育，后期也不会因为荫蔽对花生的成熟造成较大影响。

2. 播种期的确定 花生出苗较慢，芝麻出苗快，花生早于芝麻播种，两者播种期相差10～20d为宜。要保证花生封行之前芝麻达到5～6片叶，使两种作物在苗期互不干扰，均达到壮苗标准。

3. 种子处理 花生种子播种前要带壳晒种，选晴天9～15时，在干燥的地方，把花生平铺在席子上，厚10cm左右，每隔1～2h翻动一次，晒2～3d。剥壳时间以播种前10～15d为好。选种仁大而整齐、籽粒饱满、色泽好，没有机械损伤的一级、二级大粒作种，淘汰三级小粒。种子拌花生根瘤菌粉，每公顷用375g菌粉加清水1.5～2.25L调成菌液，均匀地拌在种子上。

芝麻播前晒种1d，提高活力，用0.1%～0.3%多菌灵拌种。

4. 整地与施肥 秋季前茬作物收割后，随秋翻地施腐熟有机肥15～30t/hm^2。播种前整地，施用尿素75～150kg/hm^2，施$(NH_4)_2HPO_4$150～225kg/hm^2、$K_2SO_4$75～120kg/hm^{2}作种肥。旋耕后做畦。华北、东北地区，做成宽度90cm的小高畦，畦面宽60cm，高度10cm。

5. 播种期 在春季5cm土层地温稳定在12℃时，花生即可播种。地膜覆盖栽培可稍提前7～10d。常年，东北南部5月初播种花生，河北、北京、山东、湖北在4月底播种花生，芝麻在花生播种10d后播种。河南部分地区，采用5月初花生与芝麻同时播种的方法。

6. 花生播种 采用垄作方式的，垄距50cm，穴距13～17cm，12万～15万穴/hm^2，每穴播2粒；或者单粒点播，穴距6.5～8.5cm；地膜覆盖畦作，一畦两行，小行距40cm，穴距13～15cm，每穴2粒，保证15万穴/hm^2。

对垄作形式的，先开沟深5cm左右，因墒情而定。先施种肥，再以每埯2粒等距离下种，均匀覆土，镇压。对地膜覆盖畦作形式的，采用先播种后覆膜和先覆膜后播种两种方法。先播种后覆膜可采用机械或人工进行。机械播种可一次性完成整地、施肥、喷施除草剂、播种、覆膜、压土等工序。人工方法在畦面平行开两条相距40cm的沟，深4～5cm，畦面两侧均留10cm，再以每穴2粒等距下种，均匀覆土，使畦面中间稍鼓呈微弧形，要求地表整齐，土壤细碎。然后，喷除草剂乙草胺，用量600～900ml/hm^2，加水750L喷洒。如墒情不好，要加大水量，均匀喷洒，使土壤保持湿润。最后，用机械覆膜或人工覆膜，要求膜与畦面贴实无折皱，两边攒土将地膜压实。最后，在播种带的膜面上覆土做成10～12cm宽、6～8cm高的小垄。

7. 芝麻播种 播种是芝麻生产的一项重要环节。“芝麻娇嫩，一毁三不收。”只有种足、种好，实现一播全苗，才能达到稳产高产。“立夏芝麻，小满谷”。春播芝麻以5月

上旬播种为宜。条播下籽均匀，深浅一致，出苗整齐，便于匀苗密植和田间管理，但必须防止播量过大，出苗拥挤。播量以 7.5kg/hm^2 左右为宜。芝麻宜浅播，播种深度以 3cm 左右为宜，墒情不足时，可适当深些或深播浅覆土。播后要及时镇压，使种子与土壤密接，有利于种子吸水萌发出苗。

8. 花生的田间管理

（1）垄作田间管理

① 清棵蹲苗　苗基本出齐时进行。先拔除苗周围杂草，然后把土扒开，使子叶露出地面。注意不要伤根。清棵后经半个月左右，再填土埋窝。

② 中耕除草　在苗期、团棵期、花期进行 3 次中耕除草。掌握“浅、深、浅”的原则，注意防止苗期中耕壅土压苗；花期中耕防止损伤果针。

③ 培土　开花后半个月进行培土，不要过厚，以 3cm 为宜。

（2）覆膜栽培的田间管理　覆膜到出苗期间，发现薄膜破口或覆盖不严时，及时用土重新压埋、堵严。当幼苗破膜拱土，开始露出真叶时，扒去膜上的土，使子叶露于地表。开花前在畦沟内进行一次中耕除草。在开花下针到荚果充实期间，根据花生长势，可在叶面喷施 0.2% ~0.3% KH_2PO_4 500 倍溶液 2 ~ 3 次。在此期间，如遇干旱，要及时灌水。

9. 芝麻的田间管理　芝麻种子小，出苗数大于留苗数十倍以上，由于幼苗生长缓慢，苗期易受苗荒和草荒。因此，加强苗期管理，保证全苗、壮苗是增产的关键。播后遇雨，土壤板结，必须及时破除土壳，以利出苗。出苗后及时浅锄灭草、间苗，防止荒苗。当幼苗长出 2 片真叶时进行间苗，出现 4 片真叶时就可定苗。病虫严重时可适当推迟定苗，定苗时按计划留苗，去弱苗、留壮苗、均匀留苗。芝麻种植的合理密度，分枝型品种留苗 9 万 ~ 10 万株/hm^2，单秆型品种 12 万 ~ 15 万株/hm^2。芝麻开花前，一般应中耕三四次。幼苗期和开花期，如果土壤干旱应进行浇水。开花后最怕水渍，雨季来临之前，应做好田间排水工作。单秆型品种应在生长停止前，茎秆顶端刚冒尖时进行摘顶心。分枝型品种适当提早将主茎顶心打去，分枝生长停止前，顶端冒尖时，摘去分枝的顶尖。

10. 收获　当花生植株中下部叶片转黄脱落时，多数荚果果壳硬化，种子颗粒饱满、光润、呈现品种特有的色泽时，花生成熟，即可收获。收获花生时，选晴天用人工或机械收获。起收后就地铺晒，晒到荚果摇动有响声时，运回场院堆垛，荚果朝外，继续风干。约经 30d，充分干燥后摘果，去除秕粒，再充分晾晒，方可入库贮藏。

芝麻基部叶子枯黄、脱落，上部蒴果转黄，中下部萌果内的籽粒呈现该品种的固有颜色时，为适宜的收获期。应在早晨收获，芝麻秆剪下，20 ~ 30 株为一小把，相互依靠竖放于通风干燥处阴干，待全部蒴果开裂时脱粒。

（四）效益分析

花生芝麻间作模式以花生为主作物，花生密度没有降低，只是在花生行间适当种植芝麻，利用两者生长空间的差异，达到调整种植结构、丰富农产品种类、增加单位面积收益的目的。在花生行间种植芝麻，比单纯种植花生或者单纯种植芝麻效益更高。虽然芝麻对花生的产量有一些影响，但从总收益上看，芝麻行数的增加对提高总收益有一定帮助

（表Ⅱ－2－1）。

表Ⅱ－2－1　花生、芝麻间作产量效益比较（王健，2002）

栽培模式	作物	折合单产（kg/hm^2）	价格（元/kg）	收入（元/hm^2）
间作	花生	2 833.3	3.6	10 200.0
	芝麻	1 016.7	8.0	8 133.6
单作	花生	2 966.9	3.6	10 580.8

二、棉花与花生间作

（一）分布地区和条件

棉花与花生间作，多见于中国华北、西北、华南、西南等地。棉花间作花生是一种集约利用农业资源，提高土壤肥力的优化种植模式，在生态条件相近的地区推广，具有很高的产量、经济、生态效益和社会效益。

棉花与花生间作，生长旺盛期时间生态位互补，平均叶面积指数提高。棉花和花生生长发育特性有明显的互补性，棉花株行距宽，前期生长慢，封行迟，而花生生长较快，生育期较短。棉花与花生间作在棉花进入旺盛生长期前，花生已开始结荚，形成产量，对棉花影响较小，间作增产效果比较显著。棉花与花生的空间生态位互补，有利于增产。此外，棉花通过宽行密株栽培，改善了棉行株间通风透光条件，有利于棉花稳长，增加成桃，减少烂桃，提高品质。花生有固 N 作用，可以增加土壤 N 素营养，花生收获后将花生植株还田，可以提高肥力，增加土壤有机质和 P、K 养分。

棉花与花生间作，以选择沙质壤土为宜。沙质壤土上棉花生长较好，果枝较多，结铃率较高。沙质壤土疏松，对花生生育更为有利，子房柄容易入土，单株结果数和饱满率较多，果重、百仁重、出仁率较高。

（二）规格和模式

新疆博乐地区，棉花用 140～145cm 宽膜，1 膜 4 行，株行距为 0.9cm ×（30＋40＋30＋60）cm。花生用宽 70～75cm 地膜，1 膜 2 行，株行距为 18cm × 40cm。棉花占地 1m 宽，花生和背垄占地 1m，翌年相互转换种植。

江西部分地区地膜棉于 4 月 20 日宽窄行直播，宽行 110cm，窄行 50cm，株距 37cm，2.88 万株/hm^2，地膜花生于 4 月 2 日双行定植，宽行 140cm，窄行 20cm，穴距 27cm，一穴双株，9.26 万株/hm^2。

华北地区多采用双行种植的方式。早春整地做畦，畦面宽 70～80cm，种植两行花生，另一畦植 2 行棉花，花生的宽行行距 175cm，窄行行距 25cm，穴距 20cm，花生距棉花 60～65cm，5.0 万穴/hm^2。棉花宽行 130～135cm，窄行 70～65cm，株距 37～35cm，密度 2.7 万～3.0 万株/hm^2。

（三）技术要点

1. 品种选择 棉花应选择株型紧凑，耐病，果枝节位低，吐絮集中，早熟高产的品种。花生应选择早熟匍匐蔓生型，分枝多，迟熟高产的品种。匍匐蔓生型花生因茎叶匍匐地面，不影响棉花光照，有利间作棉花的生长，每株结果数较多，因而产量较高。

2. 整地 因为在间作套种时以棉花为主，在施肥上仍按当地高产棉栽培技术进行。秋翻冬灌时，撒施 $(NH_4)_2HPO_4$ 375～450kg/hm^2、尿素 120～150kg/hm^2。翻耕后做畦。

3. 播种 4 月 10 日前后即可播种。播种时要错开播种期，先播棉花，后播花生。如两者同时播种，花生茎叶生长快，则影响棉花生育和造成中耕锄草困难。棉花应提前于 4 月上中旬播种，待棉花定苗后播种花生。

花生株行距 18cm×40cm，每穴不低于 3 粒种子，12 万穴/hm^2。棉花由于间作通风透光好，采用 20cm 株距，基本苗 11.113 万株/hm^2。

4. 田间管理 棉花 1～2 片真叶时，喷施缩节胺 3～4.5g/hm^2，3～4 片叶时，喷施缩节胺 7.5～12g/hm^2，6～7 片叶时，喷施 15～18g/hm^2 化控，使棉株高度控制在 65cm 以下。

花生田间管理同单作。

5. 收获 棉花收获与大田一样分级进行。花生收获时，边挖边摘花生果。花生秧顺行浅埋在土壤里，秋翻冬灌时深埋入土腐熟。

（四）效益分析

王小琳（2001）通过对棉花与花生间作效益进行计算得出，棉花与花生间作，比单作棉花提高收入 2 907元/hm^2，比单作花生提高 5 257.5 元/hm^2。

胡积送（2002）的研究表明，棉花与花生间作，可比单作棉花增加收入 7 281.35 元/hm^2，比单作花生增加收入 9 266.3 元/hm^2（表Ⅱ－2－2）。

表Ⅱ－2－2 棉花间作花生与单作经济效益比较（胡积送，2002）

	作物	产量（kg/hm^2）	产值（元/hm^2）	物质投入（元/hm^2）	净收入（元/hm^2）
间作	棉花	4 606.06	16 581.8	3 210.0	21 288.8
	花生	3 958.5	7 917.0		
单作	棉花	4 536.79	16 332.45	2 325.0	14 007.45
	花生	6 825.9	13 650.0	1 627.5	120 022.5

三、棉花与油葵间作

（一）分布地区和条件

油葵，是“油用向日葵”的简称，是中国四大油料作物之一，广泛分布在全国各地。

棉花与油葵间作，多见于河北、河南等地。

（二）规格和模式

河北等地采用棉花、油葵、娃娃菜一年三熟种植模式，2m 1 带，1 行棉花 2 行油葵，油葵收获后种 2 行娃娃菜。

河南采用小麦棉花油葵一年三熟种植模式，小麦于上年 10 月播种，行距 22.5cm，种 3 行留空当 105cm，5 月底至 6 月初收割。棉花于 4 月初在塑料大棚内方块育苗，5 月初移栽，宽窄行种植，大行距 110cm，小行距 40cm。油葵于 5 月上旬营养钵育苗，于麦收后在棉花大行内移栽，行距 30cm，种两行，油葵和棉花间距 40cm，形成 150cm 一带。

（三）技术要点

1. 棉花间作油葵娃娃菜栽培　施有机肥 45t/hm^2，$(NH_4)_2HPO_4$ 375kg/hm^2，K_2SO_4 20kg/hm^2。

棉花播种前用农药拌种，防治蚜虫。4 月下旬覆膜、打孔、点播，穴距 27cm，每穴 3 粒，播深 2cm。

到 3 叶时，将病苗、弱苗去掉。留苗 18 万株/hm^2。7 月上中旬整枝 3 次。7 月下旬打顶。8 月上旬打群尖。盛蕾期、盛花期分别喷施缩节安 30～45g/hm^2。初花期，结合浇水施尿素 225kg/hm^2。打顶后补施尿素 75kg/hm^2。

油葵选用优良抗病高产早熟品种。适期 3 月底播种，点播 0.7kg/hm^2，播深 4cm，足墒播种。油葵种植行距 60cm，株距 30cm。

由于油葵是双子叶作物，子叶大，出苗比较困难，容易造成缺苗断垄，点播时在行间播种备用苗。出苗后及早查苗，对缺苗断垄采取坐水移苗补栽。第一对真叶展开间苗，第二对真叶展开定苗。油葵生育期内进行 3 次中耕。第一次中耕结合间苗进行，第二次中耕定苗 1 周后进行，第三次中耕在现蕾前进行，并进行培土，培土高度为 10cm，促进油葵根深叶茂，防止倒伏。

人工辅助授粉可提高油葵的结籽率，时间从盛花开始，每隔 1d 进行 1 次，共计 3 次。每次授粉在早晨露水干后进行。灌浆期结合浇水施尿素 150kg/hm^2。

中后期用辛硫磷1 000倍液，在傍晚喷雾防治油葵螟虫、棉铃虫。油葵植株茎秆变黄色，叶片大部分枯黄、下垂或脱落，花盘黄褐色，舌状花脱落，果皮变坚硬时收获。

选用耐寒、抗病、高产的娃娃菜品种。油葵收获后，结合整地，施腐熟农家肥 45t/hm^2，$(NH_4)_2HPO_4$120kg/hm^2。起垄条播。播前墒情要足。7 月底及时播种，播深为 1cm，用种量 3.75kg/hm^2，行株距 25cm×25cm。苗出土后 3d 进行第一次间苗，4～5 片叶时，进行第二次间苗，去掉病弱苗，8～9 片叶时定苗，留苗 4.5 万株/hm^2 左右。播后浇一次小水促出苗，出苗后中耕除草进行蹲苗。结球时，追施尿素 225kg/hm^2。

苗期用 50% 多菌灵 800 倍液或 75% 百菌清 500 倍液进行喷雾防治霜霉病；中后期用 200～300mg/kg 农用链霉素喷施发病部位，防治软腐病。并注意防治甜菜夜蛾、菜青虫、蚜虫等。

待娃娃菜的叶球长实即可采收。整株采收后，把外围的老叶去掉，只保留中心的幼嫩

部分进行销售。

2. 河南小麦棉花油葵间作　小麦选择中早熟、矮秆、抗倒、抗病、大穗、优质的高产品种。棉花品种选用抗逆性强、桃大、产量高的中早熟抗虫棉品种。油葵选用生育期较短的品种。

小麦一般在10月中下旬播种。小麦要高产，底肥是关键，播前每公顷施复合肥450kg，尿素112.5kg，KCl 150kg作底肥。扬花期每公顷用KH_2PO_4 3 750g喷施，以增加粒重，提高产量。

小麦病害有纹枯病、白粉病、锈病和赤霉病等。纹枯病每公顷用井冈霉素1 500g，白粉病和锈病每公顷用25%的粉锈宁450g，蚜虫用10%的吡虫啉可湿性粉剂每次300g/hm^2，赤霉病用甲基托布津和多菌灵交替使用，每次2 250～3 000g/hm^2喷雾。

棉花于4月初育苗，5月初移栽到大田，实行宽窄行种植，密度3.75万株/hm^2左右。在移栽前用400倍液的802喷施，以提高根系活力，缩短缓苗期。现蕾期用缩节安7.5～22.5g/hm^2，初花期用缩节安22.5～45g/hm^2，打顶后用60～90g/hm^2喷雾。在施足基肥的基础上，蕾期视长势施肥，花铃期要重施。7月下旬视长势补施盖顶肥，以延长叶片功能期，增铃重，花铃期遇旱要及时浇水，以确保棉花长势。8月份，要连喷2～3次KH_2PO_4，防止早衰。病虫害防治坚持“预防为主，综合防治”的方针和经济、有效、安全的原则。早调查，早发现，合理地应用农业、化学、生物、物理以及其他的生态手段，把害虫控制在不足为害的水平，实现增产增效的目的。

由于油葵茎秆粗壮，花盘大，对P、K肥需求量大，因此，播前应施足P、K肥。结合麦后灭茬施$KH_2PO_4$750kg/hm^2，KCl 625kg/hm^2，有机肥30t/hm^2。油葵于5月上旬营养钵育苗或麦收后抢时直播。麦收后要及时移栽，5.25万株/hm^2，盖土后浇水封根。

油葵花蕾期是植株生长最旺盛的时期，此期耗水量约占总需水量的43%，耗养约占总需肥量的50%，因此，在现蕾前结合浇水追尿素150kg/hm^2。由于油葵是异花授粉作物，在花期应进行人工辅助授粉，以减少空壳。要封根培土，防止倒伏。油葵的主要病害是黑斑病和菌核病，在蕾期和花期用甲基托布津或多菌灵800倍液喷雾，连续喷2～3次较好。油葵螟虫和棉铃虫有时会为害叶片、花盘和子实，若有发生可喷施5%的氟虫铃和甲胺磷防治。当花盘背面变黄色，边缘淡绿，籽粒变硬，种仁里没有过多的水分时，要及时收获。

（四）效益分析

河北省鹿泉市南甘子村种植棉花间作油葵，油葵收获后播种娃娃菜，取得了明显的经济效益。棉花产籽棉3 000kg/hm^2，油葵产2 250kg/hm^2，娃娃菜产3.75万棵/hm^2，3项合计效益31 500元/hm^2。比种植小麦、玉米多收1 5000元/hm^2。

四、芝麻与大豆间作

（一）分布地区和条件

芝麻与大豆间作，在安徽、河南等省份被广泛采用，在小麦收割后，播种大豆，间作

芝麻。

(二)规格和模式

采用2行至3行芝麻与3行至5行大豆间作，行距0.5m。大豆用机械播种，芝麻用耧车播种。

(三)技术要点

1. 整地 墒情较好，利于及时抢播抢种的地块，及时清理麦茬；墒情较差，需深耕细作的地块要达到上松下实蓄水保墒，底墒充足；地势低洼的田块要深沟高畦，排水顺畅，畦宽根据机播或耧播而定。

2. 施足基肥 N肥作为基肥应少施。但P、K肥作为基肥应早施施足。一般施P肥225～300kg/hm^2，K肥120～150kg/hm^2，配合适量微肥。另外，有条件的施土杂肥23～30t/hm^2。

3. 种子处理 芝麻种子用55℃温水浸种10min，晾干再用多菌灵拌种，每50g拌种10kg，阴干。大豆种子播前晒种1～2d。

4. 播种方式 芝麻、大豆在麦茬后播种越早越好，最迟不得超过6月25日。大豆播种量60kg/hm^2，芝麻播种量约2.25kg/hm^2。可采用机械播种或人力耧车播种。

5. 加强田间管理 播后芽前用乙草胺封闭除草，用量1 500ml/hm^2，大豆留苗18万株/hm^2，芝麻留苗4.5万株/hm^2。初花期追肥，对施过基肥的田块，追施尿素75kg/hm^2，对没有施过基肥的应追施速效P肥225kg/hm^2、K肥12～15kg/hm^2、N肥105kg/hm^2。盛花结荚期，叶面喷肥，用0.4% KH_2PO_4加尿素7.5kg/hm^2混合喷施1～2次。

芝麻病害有茎点枯病、枯萎病、疫病等，可选用多菌灵、甲基托布津、枯萎立克等防治。一般是在病害发生前或发病初期用药。

大豆害虫主要有造桥虫、卷叶螟、蚜虫、类食心虫等，可选用菊酯类、辛硫磷等农药防治。

芝麻、大豆在开花末期，摘去主茎顶心2cm左右，可促早熟，防徒长倒伏，增加有效荚数，促籽粒饱满。

6. 及时收获 芝麻黄熟，大豆成熟时，于傍晚或早晨收割，及时晾晒收仓。

(四)效益分析

赵莉(2011)调查结果表明，单纯种植大豆或芝麻收益相差较小，大豆平均收益为12 268.80元/hm^2，芝麻平均收益为12 520.20元/hm^2；大豆行间种植芝麻后，大豆、芝麻收益都有所降低，但是总收益增加。3行大豆与3行芝麻间作，总收益为13 117.20元/hm^2，分别比单种大豆和单种芝麻增加848.4元/hm^2和597元/hm^2，较单作大豆、单作芝麻收益增加6.92%和4.77%。

五、胡麻与向日葵间作

（一）分布地区和条件

胡麻是中国五大油料作物之一。是古老的韧皮纤维作物和油料作物。主要分布在甘肃、内蒙古、宁夏、新疆、黑龙江、山西、吉林等地。胡麻与向日葵间作，在胡麻产区多有应用。地势不宜过陡，以向日葵花带起垄覆膜后能蓄住地表水为前提条件。

（二）规格和模式

葵花带宽 1.4m，胡麻带宽 3.3m。葵花带连续起 2 垄，垄宽 0.7m，或单垄 1.2m，用地膜覆盖，点播葵花 3 ~4 行，株行距 0.5m。胡麻带行距 20cm。带的走向与山坡垂直。

（三）技术要点

1. 播种时间 向日葵与胡麻间作可适期早播。山西、甘肃、宁夏、内蒙古南部，一般在 4 月上中旬播种。新疆、黑龙江播种期在 4 月下旬。应适期早播，因为胡麻播种迟早对产量影响很大，适时早播能充分利用春季地墒，有利于苗全、苗壮。

2. 播种 葵花采用穴播，每穴播葵花籽 3 ~4 粒，播种量 4.5kg/hm^2。

胡麻播种深度以 2.5 ~4cm 为宜。一般在土壤墒情良好时播种，覆土以 2.5 ~3cm 为宜，如果土壤墒情较差，覆土可稍深些，但不宜超过 4cm，否则，会严重影响出苗率。播种量 52.5kg/hm^2，保苗 30 万株/hm^2。

3. 施肥 葵花带施（NH_4）$_2HPO_4$ 300kg/hm^2，尿素 225kg/hm^2。农家肥 15 ~ 22.5 t/hm^2。胡麻带（NH_4）$_2HPO_4$ 225kg/hm^2，尿素 225kg/hm^2。

4. 田间管理 葵花每穴间苗定苗后留一株。中耕锄草 3 次。第一次在 1 ~2 对真叶期，要浅锄。第二次在定苗 7 ~8d 后，起保苗防旱的作用。第三次在封垄之前，把土堆到茎基部，增强抗风能力，防倒伏。葵花带在葵花封垄前清洁微膜表面尘土，清理被风吹起没有埋好的地膜。葵花现蕾前 8 叶期，距基部 10 ~ 15cm 开穴，施尿素 75 ~ 105kg/hm^2，灌浆期叶面追肥 1 次。现蕾至开花期打杈 1 ~3 次，“打杈打小”，开花期打掉下部 10 片叶。葵花花期人工辅助授粉。

在胡麻生长期间，一般要求进行 2 ~3 次中耕。苗高 10cm 左右时进行第一次中耕，以3 ~6cm 为宜，但要锄细。现蕾时进行第二次中耕，深度可达 10cm 左右。枞形期用 450g/hm^2 稀土微量元素加水 180kg 喷雾。

葵花背面发黄色，花盘边缘微绿时含油量最高，在含水量较低时收获。

胡麻收获的适宜期为黄熟期，即当 75% 的蒴果和茎秆变黄、下部子叶脱落、种子变硬时进行收获。收获前应拔除结籽的杂草和芸芥等，收获后及时晾晒脱粒。

（四）效益分析

孙俊等（1998）在宁夏示范 1.47hm^2 胡麻与向日葵间作，胡麻产量稳定在 750.0 kg/hm^2、向日葵稳定在 1 050.0kg/hm^2，胡麻按 3.20 元/kg 计价，葵花按 4.00 元/kg 计

价，产值可达6 600元/hm^2，比产1 200.0kg/hm^2 胡麻增加2 760元/hm^2 收入。

六、向日葵与杂豆间作

（一）分布地区和条件

向日葵与杂豆间作，多出现在东北、华北、西北等部分地区。

（二）规格和模式

向日葵与大豆、杂豆（绿豆、红小豆、豇豆等）实行间作，一般行数比为2：4，即2行向日葵，4行杂豆。也可种植成4：4行比。240cm一带，采取等行距种植，行距40cm。

（三）技术要点

向日葵轮作周期一般3～5年，前茬以禾谷类作物为好。

秋季结合深耕底施农家肥15～30t/hm^2，$(NH_4)_2HPO_4$ 300kg/hm^2，尿素225kg/hm^2。

向日葵株距40cm，留苗2.1万株/hm^2；杂豆株距15cm，留苗11万株/hm^2。向日葵一般于4月下旬至5月上旬播种，采用犁开沟手溜子或穴播方法，播深4～5cm。杂豆在4月中下旬播种，播深5cm。

出苗后及时进行查苗补苗，杂豆在第二片真叶露出时定苗，向日葵3对真叶时定苗。杂豆在现蕾前进行中耕锄草，追施尿素75kg/hm^2，开花后期防治豆蚜等害虫。对生长过旺的田块要进行深中耕，深度10cm。鼓粒期用225g/hm^2 钼酸铵，加水450L进行叶面喷施，促进籽粒饱满。

向日葵现蕾后及时中耕10～12cm，并培土防止倒伏。结合中耕掰掉枝杈，随有随掰。现蕾盛期，结合中耕追施尿素75kg/hm^2，开花2～3d，进行人工辅助授粉。开花盛期$KH_2PO_4$2.25kg/hm^2，加水600L，叶面喷雾。用50%速克灵750g/hm^2，加水600L，对准花盘背面喷雾，防治菌核病。

（四）效益分析

山西吕梁地区，2005年推广向日葵间作杂豆模式。向日葵平均单产900kg/hm^2，杂豆单产1 000kg/hm^2。单作投入1 080元/hm^2，间作投入1 800元/hm^2，不包括投工。葵花单价按2.8元/kg、杂豆单价3.4元/kg。较一般单作增纯收入3 270元/hm^2。

七、蓖麻与粮食及其他经济作物间作

（一）蓖麻—豆类间作栽培

蓖麻与豆类间套种是最为适宜的模式之一。豆类因有根瘤菌，可固定空气中游离N素，除供当年吸收利用外，还有一部分留于土壤中，很少和蓖麻争夺养分。蓖麻茎叶中含有毒素，茎、叶散发出一股特异的气味，有的害虫闻到这种气味就避而远之。试验证明，

蓖麻与黑豆间作，对防除大豆蚜虫和大豆食心虫有明显效果，单株蚜虫头数比清种下降61.5%。

类似的间套作作物还有蓖麻—红小豆间套作、蓖麻—花芸豆间作、蓖麻—蚕豆间套作等。在宁夏蓖麻产区的栽培实践证明，红小豆套种蓖麻，红小豆产量可达1 618.5kg/hm^2，蓖麻产量3 289.5kg/hm^2，投入产出比为1∶6.6，比单种蓖麻净增产值4 755元/hm^2。

（二）蓖麻—小麦—平菇间套种栽培

在春小麦种植区可以采用蓖麻—小麦—平菇间作套种的栽培模式，提高经济效益。蓖麻种植前期苗小、株行距大，可在其空当种植小麦。7月中旬以后，小麦已经收获，蓖麻已长大，垄间温度、湿度、光照等条件非常适合栽培平菇。此时，在收获小麦后的垄上，隔垄栽培平菇，空垄是为采收蓖麻及平菇时方便作业。在准备栽培平菇的垄上挖一条深20cm、宽20～25cm的垄沟，将培养料铺入垄沟内，在料面均匀撒上菌种，用种量为1.0～1.5kg/m^2，稍压实后，在料面上覆盖约2cm厚散土，为防止出菇后菇体带土，可在上面撒一层锯末或麦秸。

蓖麻田套种平菇表现出了明显的生态效益。平菇是异养性生物，不存在与蓖麻争光、争CO_2的矛盾。平菇呼吸代谢吸收O_2，放出CO_2，有利于减少蓖麻光呼吸和促进蓖麻光合作用，有利于干物质的累积和运输。由于菌丝的降解作用，提高了土壤内速效N、速效P的含量，菌丝分解有机物所产生的有机物和某些生长物质，则能刺激根际固N微生物的生长和菌丝体呼吸代谢热能的释放，还能提高地温和稳定湿度，可促进蓖麻根系生长，提高吸肥力。套种平菇后，蓖麻田可增产20%左右。由于蓖麻田套种平菇是窄行套栽，培养基与土壤接触面积要比畦栽大1倍。因此，能更显著地发挥边际效应，有利于子实体的高产早熟。平菇出菇后的废料是一种营养成分较高的有机肥，可改善土壤结构，保持土壤水分，提高土壤肥力。

（三）马铃薯—蓖麻间作

在马铃薯种植区采取蓖麻与马铃薯间作，也可以取得极好的经济效益，一般马铃薯产量可达30 000kg/hm^2，蓖麻籽3 000kg/hm^2，投入产出比达到1∶4。

蓖麻间作马铃薯的具体做法为，选择地势平坦、土层深厚、灌排条件和蓄水保墒能力强的高肥田块。在播前整地时一次性施入优质农家肥15t/hm^2、$(NH_4)_2HPO_4$ 300kg/hm^2，配施高效复合肥750kg/hm^2、$K_2SO_4$150～300kg/hm^2，深耕土壤20～25cm。马铃薯与蓖麻采取带状种植，带比为1∶1，即蓖麻带宽100cm，种植1行；马铃薯带宽100cm，种植2行。马铃薯于4月上旬前后播种，行距均为40cm，保苗51 000株/hm^2。蓖麻选用丰产性能好，适应性强的淄蓖麻5号等杂交品种，于4月20～25日在马铃薯垄间距马铃薯边行30cm处播种，每穴播2～3粒种子，播深3～4cm。行距为100cm，株距65～70cm，保苗15 000株/hm^2。马铃薯于7月上旬开始挖薯，7月下旬收获结束。蓖麻当蒴果呈现黄褐色，凹陷部分开始裂纹时，用剪刀将其从穗轴剪下，一共收获3次。

（四）覆膜蓖麻—啤酒大麦间作栽培

蓖麻和啤酒大麦采用带状立体种植方式比传统单作蓖麻增产59%，在宁夏蓖麻产区，

大麦产量可达 1 710kg/hm^2，蓖麻产量可达 3 085kg/hm^2，经济效益十分显著。具体种植方法为，早春土壤完全解冻后，施（$(NH_4)_2HPO_4$）300kg/hm^2、尿素 150kg/hm^2。精细整地后平铺宽 120cm，厚 0.07mm 的微膜。带状种植，总带距为 2.1m，其中，蓖麻带幅为 1.5m，在覆膜圃上种植两行，蓖麻行距 90cm，啤酒大麦带幅宽为 60cm，种植 4 行啤酒大麦。为了减少对大麦的影响，蓖麻种植必须是南北方向。

蓖麻于 4 月下旬播种，在覆膜带上两侧各种植 1 行，两行错位穴播，株距 50～60cm，每穴播 2～3 粒，播量 0.75～15kg/hm^2。当果穗 80% 以上蒴果呈褐色，缝隙凹陷或有裂纹时将整枝剪下，摊晒后脱粒。啤酒大麦品种选用"法瓦维特"，在 2 月底至 3 月初露地种植，播量 480 万粒/hm^2。啤酒大麦于 7 月上旬 95% 植株成熟时，一次性人工收获。

（五）蓖麻—地膜西瓜间作

河北省蓖麻产区采用杂交蓖麻间作地膜西瓜栽培模式，蓖麻籽产量达到了 4 575 kg/hm^2，西瓜产量达到了 22 500kg/hm^2，比单种蓖麻的效益提高 1 倍。其种植方法是西瓜采用平畦栽培，按株行距 50cm×180cm 播种，选幅宽 90cm 的地膜，播种后覆盖地膜。

与蓖麻间作的地膜西瓜农事安排及栽培技术要求与一般瓜田基本相同。

间作的蓖麻品种选择适应性强、耐瘠薄、高产、优质杂交蓖麻种。于 4 月上旬播种。由于蓖麻受地膜西瓜行距较大的影响，株距要适当减小至 60～70cm，密度在 7 000～9 000株/hm^2。地膜西瓜与杂交蓖麻共栖期间，由于蓖麻多处于苗期，除进行定苗外，基本无其他管理，定苗要适当推迟到 5～6 片真叶时进行。西瓜收获后，立即铲除瓜蔓，保护蓖麻，同时，中耕划锄松土，并适时追施尿素 150kg/hm^2。

地膜西瓜间作蓖麻，西瓜与蓖麻均实行春播。虽然两者共栖期较长，但西瓜生长期较短，而蓖麻生长期较长，两者可以明显错开旺盛生长期。西瓜与杂交蓖麻对于沙壤土均具有良好的适应性，使低肥力的河滩地也能创出高产高效。

（六）圆葱—蓖麻间作栽培

圆葱套种蓖麻的简要操作技术是选择肥沃的沙壤地块，于 8 月 20 日前后施入优质农家肥 70t/hm^2、$(NH_4)_2HPO_4$ 375kg/hm^2、K_2SO_4 150kg/hm^2。深翻整地后用打埂器顺南北方向打埂，埂间距 1.3m，埂高度 20cm，埂底宽 20cm，顶宽 10cm。

圆葱于 9 月 1 日之前播种或育苗移栽。其直播的方法是在两埂之间（畦内）采用人工点播或采用机力直播，行距 15cm，株距 10cm，每穴 1 粒，播深 1.5～2.5cm。圆葱播种到出苗 20～30d，播种后，要立即喷施除草剂"施田补"2 250～3 000ml/hm^2。当圆葱有 5～6 片真叶时定苗，在定苗同时将过密处苗移栽至过稀处。最终行株距为 15cm×15cm，留苗密度 45 万株/hm^2。翌年 3 月上中旬圆葱开始返青时，随灌水施尿素 225kg/hm^2；鳞茎膨大期追施 $K_2SO_4$150kg/hm^2、$(NH_4)_2HPO_4$ 150kg/hm^2、尿素 150kg/hm^2。

6 月中旬，圆葱在 80% 以上倒伏叶返青时立即采收。蓖麻选择淄蓖麻 5 号或淄蓖麻 8 号等优良品种。根据当地气候，于 4 月 5～25 日在圆葱地田埂上进行点播，每穴 2～3 粒，株距 0.8～1.0m，留苗 8 000 株/hm^2。蓖麻长到 6 片真叶时，用缩节安 45g/hm^2 加水 150kg，用毛笔在蓖麻主茎及一二级分支生长点涂抹，使节间缩短，从而降低株高，防止

因圆葱浇水过多而导致蓖麻倒伏。随后根据生长情况，保留 3 个一级分枝和 2 个二级分枝，去除多余分枝，打掉分枝生长点。当果穗上的蒴果 80% 达到黄褐色或深褐色时，开始收获，在初霜来临前，将果穗全部收完。

类似的栽培模式还有地膜大蒜—蓖麻套种栽培。同样具有高矮搭配，共栖期间争水、争肥、争光矛盾小，经济效益显著的特点，不失为目前优化农业产业结构，增加农民收入的种植模式。

在蓖麻与其他作物的间套种复合群体中，不同作物的高矮、株型、叶形、叶角、分枝习性、需光特性、生育期等各不相同。通过这种搭配，增加了复合群体的总密度，合理充分地利用空间，增加截光量，减少漏光与反射，改善群体内上部与下部的受光状况，可以获得良好的空间互补效应，从而有效地提高单位面积的产出。

第二节　经济作物与蔬菜或牧草间作

一、花生与花椰菜间作

花生（*Arachis hypogaea* L）是属豆科落花生属一年生草本植物。是世界上重要的油料作物之一，也是中国主要的油料作物和经济作物，在油料作物中，种植面积仅次于油菜，居第二位。中国是世界花生生产大国，种植面积占世界的 16%，仅次于印度，总产约占世界的 40%，居首位，单产是世界平均水平的 1.3 倍。

花生一般在春季 5cm 土层地温稳定在 12℃时，即可播种，在 4 月底至 5 月上旬，地膜覆盖栽培可稍提前 7 ~ 10d。10 月份即可收获。现在全国各地均有种植，主要分布于辽宁、山东、河北、河南、江苏、福建、广东、广西、贵州、四川等地。

花椰菜（*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.），又称花菜、菜花、椰菜花，是十字花科芸苔属一种蔬菜。花椰菜、西兰花（青花菜）和结球甘蓝同为甘蓝的变种。花菜根系发达，再生能力强，适于育苗移栽。0℃以下易受冻害，25℃以上形成花球困难。叶丛生长与抽薹开花要求温暖，适温 20 ~ 25℃。花球形成要经过低温春化阶段。花菜对光照条件要求不严格，而对水分要求比较严格，既不耐涝，又不耐旱。对土壤的适应性强，但以有机质含量高，土层深厚的沙壤土最好。适宜的土壤酸碱度为 5.5 ~ 6.6。耐盐性强，在食盐量为 0.3% ~ 0.5% 的土壤上仍能正常生长。在设施条件下，花椰菜可实现周年供应。

花生间作花椰菜是一种高产、高效的种植方式，既可解决油料作物与蔬菜争地的矛盾，又可增加收入。应根据不同地区种植习惯和当地的气候等条件进行合理的间作，以取得最大的经济效益。

（一）应用地区和条件

花生间作花椰菜一般在中国的花生产区可实施，主要分布在中国广大的北方地区。如辽宁、山东、河北、河南等省份。根据当地的气候条件，选择不同的花生和花椰菜品种。

在间作中，以种植花生为主。花生宜采用高畦、地膜栽培，在畦中可间作花椰菜。花

生品种选择以当地品种为主，根据花生的栽培条件，选择花椰菜的品种和相应的栽培管理措施。

花椰菜春季栽培选早熟品种，可在3~4月份育苗，5月份定植；夏季栽培可在6~7月份育苗，苗龄25d定植（必须有遮阳防雨措施）；秋季栽培多用生育期长的中晚熟品种，可在7月份育苗，8月初定植；冬季栽培的菜花，播种期较秋菜花的播种期晚半个月左右。

（二）技术要点

春季地膜种植花生，在4月底至5月上旬，地膜覆盖栽培可稍提前7~10d，10月份即可收获；夏季间作花椰菜，可在国庆节收获。一般亩产花生350kg，花椰菜2 000kg。

1. 品种选择 花生选用经审定推广的、生育期适宜、株型紧凑、结荚集中、抗旱性较强、较抗叶斑病的品种。主要有唐油四号、白沙1016、锦花5号、大白沙、鲁花十二等。

通过生产实践，山东地区适宜种植的花椰菜品种是天津蔬菜所选育的丰华50、丰华60早熟耐热品种，能在国庆节前上市，亩产在2 000kg左右，抗芜菁花叶病毒，中抗黑腐病，是秋早熟菜花的首选品种。其次是中早熟品种云峰、云山、津雪88，定植后70~75d收获，国庆节前后上市，较日本雪山早熟7~10d，花球洁白紧实，花茎味甜可生食，品质优良，平均单球重1.0~1.5kg，亩产3 500kg左右。适当分期播种，后期稍加保护，可延长供应至新年。

2. 播种及管理

（1）花生

① 垄作：垄距60cm，穴距13~17cm，即12万穴/hm^2，每穴播两粒。开沟深5cm左右，因墒情而定。先施种肥，再以每穴两粒等距离下种，均匀覆土，镇压。

② 地膜覆盖畦作：一畦两行，小行距40cm，穴距13~17cm，每穴两粒，即12万~15万穴/hm^2。

③ 覆膜栽培：分先播种后覆膜和先覆膜后播种两种方法。先播种后覆膜可采用机械或人工进行。机械播种可一次性完成整地、施肥、喷施除草剂、播种、覆膜、压土等工序。人工方法在畦面平行开两条相距40cm的沟，深4~5cm，畦面两侧均留13~15cm。沟内先施种肥，再以每穴两粒等距下种，务使肥种隔离，均匀覆土，使畦面中间稍鼓呈微弧形，要求地表整齐，土壤细碎。然后，喷除草剂乙草胺，每亩用量40~60ml，加水50~75kg喷洒。如墒情不好，要加大水量，均匀喷洒，使土壤保持湿润。最后，用机械覆膜或人工覆膜，要求膜与畦面贴实无折皱，两边攒土将地膜压实。最后在播种带的膜面上覆土成10~12cm宽、6~8cm高的小垄。覆膜到出苗期间，发现薄膜破口或覆盖不严实，及时用土重新压埋、堵严。当幼苗破膜拱土，开始露出真叶时，扒去膜上的土，使子叶露于地表。发现缺穴，立即用催出芽的种子补种。开花前在畦沟内进行1次中耕除草。在开花下针到荚果充实期间，根据花生长势，可在叶面喷施500倍液先科追肥精替代根部追肥或者喷施0.2%~0.3% KH_2PO_4 500倍溶液2~3次，或者，喷洒地果壮蒂灵加大营养输送量，促进果实发育，提高花生的产量。在此期间，如遇干旱，要及时灌水。

（2）花椰菜　播种出苗后及时间苗，并在幼苗2～3叶期于根际覆盖肥沃细土1～2次，防止幼苗倒伏。为了培育壮苗，3～4叶期可进行一次分苗，5～6叶期定植。早熟品种株行距40～50cm，每亩栽2 500～3 000株；中熟品种50～55cm，亩栽2 000～2 300株；晚熟品种为55～60cm，亩栽1 600～1 800株。定植前，结合整地做畦、施足基肥。早熟品种生长期短，吸收土壤营养量相对较少，但生长迅速，基肥应以速效肥为主。中晚熟品种，基肥以厩肥为主，配合施用P、K肥。花椰菜对B、Mo等元素敏感，缺B常引起茎轴空洞，严重时花球变锈褐色，味苦。缺Mo叶呈鞭状卷曲，生长迟缓。根据植株生长情况每亩施硼砂50～100g或钼酸铵50g，可用水溶解后与其他基肥拌匀施用。生长期间应适当追肥，早熟品种应及早追肥；中熟品种在定植缓苗后追肥一次，促叶丛生长，花球初现应重施追肥，促进花球与叶丛同步增长。晚熟品种生长期长，追肥次数可稍增加，花球初现时，内层叶色较淡，可作为施用花球肥的标志。生育期内还要经常保持土壤湿润，及时灌溉排水，中耕除草。花球成熟前，须用老叶折覆球面，保护花球，增进花球洁白度。有霜冻地区，将内层叶束住，可防花球受冻。待花球充分长大，边缘近松散状时，及时收获。花椰菜较耐贮藏，一般可放置3～5d；用塑料袋包装，并置于0～4℃、空气相对湿度80%～90%的条件下，可保鲜1个月。花椰菜适合脱水保存。

二、棉花与胡萝卜间作

（一）生活习性

棉花（*Gossypium* spp. L.）是锦葵科棉属植物的种子纤维，原产于亚热带。棉花是世界上最主要的农作物之一，产量多、生产成本低，使棉制品价格比较低廉。中国五大商品棉基地：分别是江淮平原、江汉平原、南疆棉区、冀中南鲁西北豫北平原、长江下游滨海沿江平原。一般在5cm地温5d稳定通过14℃时，就是棉花的播种时期。根据中国的气候条件，棉花适宜播种期是4月中旬。但不同地区有所差异。

棉花生长过程中，对光照、水分、土壤等自然条件要求较高。棉花是喜光作物，适宜在较充足的光照条件下生长。棉花光补偿点和光饱和点均高。据测定，棉花单叶的光补偿点为750～1 000 lx，光饱和点为7万～8万lx。一般情况下，棉花叶片对光强的适宜范围为8 000～70 000lx，此范围下，光合作用强度随光强增加而提高。水分是棉花体内的重要组成成分，棉花生长需要从土壤中吸收水分。棉花各生育阶段生理需水要求为：播种至出苗，0～20cm土层含水量占田间持水量的70%～80%；苗期，0～40cm土层含水量占田间持水量的60%～70%；初蕾期，0～60cm土层含水量占田间持水量的65%～75%；盛蕾期后，0～80cm土层含水量占田间持水量的70%～80%，不能低于60%～65%；吐絮期，土壤相对含水量保持在55%～70%。根据有关研究，棉田在整个生育期约有2/3的水分消耗于蒸腾，1/3消耗于土地蒸发。棉花生长发育需要的水分和养料，主要通过根系从土壤中获得，所需的温度和空气部分取自土壤，同时，需要土壤的机械支撑才能生长。棉田土壤的理化、生物属性的好坏，很大程度上制约着棉花的产量和品质。土壤水分、养分、温度、空气、盐碱含量和质地等均对棉花生长有很大的影响。

胡萝卜（*Daucus carrota* L.），又称甘荀，是伞形科胡萝卜属二年生草本植物。以肉质

根作蔬菜食用。原产亚洲西南部，阿富汗为最早演化中心，栽培历史在2 000年以上。胡萝卜为三回羽状全裂叶，丛生于短缩茎上。顶端各着生一复伞形花序。异花传粉。双悬果，肉质根有长筒、短筒、长圆锥及短圆锥等不同形状，黄、橙、橙红、紫色等不同颜色。胡萝卜属半耐寒性，喜冷凉气候。为长日照植物。在中国多于夏秋播种。肉质根在18～20℃时发育良好。胡萝卜肉质根的生长，适于冷凉的气候，幼苗的耐旱耐热力比萝卜强，而且生长期也长。为夺取高产优质，播种期宜提早些，以使其有充足的生长期，农谚“七大、八小、九丁丁”，即说明播种期的迟早与产量相关。它原产地中海沿岸，中国栽培甚为普遍，以山东、河南、浙江、云南、江苏等省种植最多，品质亦佳，秋冬季节上市。

（二）间作技术

棉花与胡萝卜间作主要受产地、气候的影响。这里以江苏省东海县为例介绍春播棉花与胡萝卜的间作经验。

棉花、胡萝卜同时于4月上旬播种，胡萝卜于6月下旬至7月上旬收获，棉花于11月上旬采摘结束。据测算，一般每亩可生产皮棉100kg以上、鲜胡萝卜4 000kg左右，不但解决了夏季胡萝卜的市场供应，而且实现了棉花胡萝卜双增收的目的，受到了广大种植农户的欢迎。

1. 品种选择 棉花选择适宜当地生长的高产抗病优质品种，如苏棉18及高产优质鲁棉品种等；胡萝卜选择早熟优质高产品种，如红芯四号等。

2. 适期播种 棉花和胡萝卜均采用露地直播方式（若棉花采用双膜式种植则前期生长过快，有可能影响胡萝卜的生长）。红芯四号胡萝卜品种春播一般在日均温10℃左右、夜均温7℃时播种，苏北地区一般可在清明节前后。棉花、胡萝卜同时播种在相应的垄上和畦面上。播种时土壤的墒情要适宜，必要时可人工造墒播种，以利2种作物的正常出苗生长。棉花按一般大田行穴距种植在垄上，行株距80cm×15cm，胡萝卜在两垄之间的畦面上播种，一般按播种量的80%散播，播后立即在畦面上盖细土，再在畦中间用锄头划出小浅沟以利排水降渍。胡萝卜种子发芽率一般只有70%左右，隔年的陈种发芽率降低到65%以下，在露地播种常因缺苗而影响产量。因此，选用质量高的新种子，搓去刺毛，创造良好的发芽条件，是保证全苗，获得丰产的重要措施。如果先行浸种、催芽与低温处理再播种，可提早出苗5～6d而获得较高产量。方法是用胡萝卜种子量的90%～95%的水浸种，浸种时将种子分两次加水，第一次加水一半，使种子均匀地湿润，经过3～5h再加入余下的一半水，温度保证在15～25℃，将种子与水拌匀后，在24h内每隔1h翻种子1次，24～48h内每隔3～5h翻动种子1次，以后每隔12h在早晨或晚上翻动种子1次，这样共经4～5d，再把已膨胀或已开始萌芽的种子，堆放在干净的浅盆或其他容器内，上盖湿布，在0℃的温度下处理10～15d，而后取出，播种在湿润的土壤中。或在播种前4d，将搓去刺毛的种子用40℃水泡2h，沥去水后置于20～25℃条件下催芽，当大部分种子发芽即可播种。

3. 棉花、胡萝卜共栖期的管理技术 从播种到胡萝卜收获，棉花、胡萝卜共栖期一般在3个月以内。胡萝卜一般于6月底至7月上旬收获，这时棉花生长正处于苗期到蕾铃

初期，加强共栖期的管理是关系 2 种作物产量高低的关键，也是该技术成败的关键。其主要措施如下。

（1）及时人工除草　一般不用化学除草方法，多采用人工除草。针对田块杂草量大、出草时间不一致、春季气温低及土壤易板结的特点，一般结合中耕除草，以达到除草、增温、保墒、防板结的目的，促进作物的早生快长。播种后幼苗出土，此时气温较高，降水也多，杂草生长较快，要结合间苗进行除草，使用除草剂较为理想。可用除草剂一号或扑草净等。

间苗一般要进行 3 次，在苗高 3cm 左右，1 ~ 2 片真叶时进行第一次间苗，苗距 3cm 左右；苗高 10cm，3 ~ 4 片真叶时进行第二次间苗，间距 6cm；具有 5 ~ 6 片真叶进行第三次间苗（定苗），苗距 12 ~ 15cm。要保证每亩有苗30 000 ~ 35 000株。留苗形状以正方形为好，使胡萝卜的四面侧根都能平衡发展。

（2）加强肥水管理　齐苗后，轻施 1 次提苗肥，加水浇施尿素 2 ~ 3kg/亩。胡萝卜的整个生长期可结合浇水施速效肥 2 ~ 3 次，一般在胡萝卜定苗后和肉质根膨大期追施，前期浓度宜稀，后期可稍浓，整个生育期保证胡萝卜有充足的水分，以满足其生长的需要，防止胡萝卜因供水不足造成根基瘦小粗糙和因供水不均匀造成肉质根开裂。

（3）适期防治病虫害　花苗期的主要病虫害有炭疽病、立枯病、基枯病、腐斑病及棉蚜、红蜘蛛、蓟马等。具体防治时可针对某一作物某一病虫单独防治，也可结合起来进行统防统治。

4. 棉花吐絮期的管理　棉花从开始裂铃吐絮到吐絮收花结束的时间段称为吐絮期。一般棉田在 8 月下旬至 9 月上旬进入吐絮期，此期田间管理的重点是保根、保叶、促早熟、防早衰。具体做法如下。

（1）继续搞好整枝打杈　加强棉花后期整枝，能改善田间通风透光条件，减少养分消耗，有利于增结秋桃，提高铃重，促进早熟，并可减少烂桃。整枝的主要任务是剪去棉株下部老叶和空果枝，并打掉果枝群尖。对于枝叶繁茂、密度偏大的棉田除整枝外，还应在雨后趁土壤湿润时，采取推株并垄的措施，即将相邻的两行棉花推并在一起，呈“八”字形，这样使并在一起的棉花两侧及行间地面都可得到充足的阳光照射，起到通风透光、增温降湿的作用，以促进吐絮，减少烂铃。

（2）坚持中耕松土　俗话说“棵衰根先衰、防衰抓保根”，由于棉田后期土壤板结，影响根的呼吸、养分的吸收及土壤微生物的代谢，应中耕松土，以达到保根防早衰的目的，但中耕不宜过深，以免伤根，一般中耕 3 ~ 5cm 即可。

（3）喷施叶面肥防早衰　由于后期温度较低，根的吸收能力较差，应喷施叶面肥，达到保叶增产的目的。一般每亩喷施 60 倍液的尿素溶液或 500 倍液的 KH_2PO_4 溶液 70kg，每隔 7 ~ 10d 喷 1 次，连续喷 3 ~ 4 次。

（4）做到“旱能浇、涝能排”　棉花吐絮期虽然需水不多，但适宜的水分仍是提高产量和品质的保证。因此，要旱能浇、涝能排。浇水时要小水沟灌，避免大水漫灌，遇涝要及时排水。

（5）加强病虫害防治　棉田后期主要害虫有盲椿象、蚜虫、棉铃虫。盲椿象可用辛硫磷、马拉硫磷、锐劲特交替使用；棉蚜可用吡虫啉、啶虫脒喷雾防治；棉铃虫用菊酯

类、甲维盐高氯喷雾防治。防治时间一般掌握在9时前、17时后。

（6）化学催熟　对晚熟秋桃较多、不能适时吐絮的棉田，可采用乙烯利催熟。一般喷药后3～5d，气温保持在20℃以上或枯霜前15～20d晴天喷雾（即常年在9月下旬至10月上旬）。一般亩用40%乙烯利水剂300～800倍液60kg，喷雾重点是棉株上的青铃。

5. 采收　一般6月底至7月初，胡萝卜进入采收期。采收适期内胡萝卜必须及时尽早采收，以确保其品质和有利于棉花生长和田间管理。

胡萝卜采收后，及时对棉花垄进行覆土，增加棉花根部的土壤厚度，促进棉花的正常生长。其后，棉花即可进入正常蕾期、花铃期、吐絮期及收获期的大田管理阶段。

采收棉花从开裂到收摘以5～7d为宜。过早色泽差、品质低，过晚则纤维强度下降。采摘时应注意分开烂铃棉、虫蛀棉和僵瓣棉。

三、烟草与大蒜间作

（一）生活习性

烟草（*Nicotiana tabacum* L.）起源于美洲、大洋洲和南太平洋的一些岛屿。目前发现有66个种，被栽培利用的仅有2个种，即普通烟草（*N. tabacum*. L.，又叫红花烟草），和黄花烟草（*N. rustica* L.）。美洲印地安人栽培利用烟草最早。20世纪80年代，中国种植烟草面积年均约2 000万亩，总产4 000多万担。1990～1997年年均达到2 500万亩，总产约6 000万担。良种化面积达95%以上，烟叶质量有明显提高，上中等烟由60%提高到80%，上等烟达20%。烟草是高效益作物，中国烟区多在经济较落后的贫困地区，有200万农户约1亿人口靠种烟维系生活。烟草主要集中在云南、贵州、河南、湖南、山东等地。

大蒜（*Allium sativum* L.）是百合科葱属多年生草本植物。地下鳞茎分瓣，按皮色不同分为紫皮种和白皮种。辛辣，有刺激性气味，可食用或供调味，亦可入药。大蒜种西汉时从西域传入中国，经人工栽培繁育深受大众喜食。原产地在西亚和中亚，自汉代张骞出使西域，把大蒜带回国安家落户，至今已有2 000多年的历史。中国大蒜的主要产地有江苏省邳州市、射阳县、太仓市，山东省济宁市金乡县、莱芜市、商河县、苍山县（临沂市）、广饶县（东营市）、茌平县、成武县，潍坊市的安丘，河北省永年县、大名县北部，河南省杞县、中牟县贺兵马村，上海嘉定，安徽省亳州市、来安县，四川省温江县、彭州市，云南省大理，陕西省兴平市及新疆等地。

烟草与大蒜间作受当地气候等影响。这里主要以青海省乐都县的种植实践为例进行介绍。

（二）间作技术

大蒜间作黄烟简称“烟蒜套种”，在乐都县沟岔水地种植。这种模式充分利用两种作物根系分布、吸肥特性差异等，集独特的种植方式和经济效益于一体，具有很强的科学性，从而达到提高资源利用率和增产增收的目的。大蒜亩产620kg、蒜薹228kg；黄烟亩产320kg。

1. 品种选择　烟草选用叶片肥大且厚，高产、质优的黄烟种为理想。烤烟品种必须由专门的科研部门进行试验示范后，报国家烟草专卖局品种审定委员会审定通过后才能推广使用。品种内质不好或退化混杂，是不能通过栽培、烤、加工等手段从根本上加以改良的，由省行业烟草科研部门统一供应烤烟包衣种子。可采用K326综合性能较好，适宜旱地和水田种植；RG17较抗青枯病，适宜水肥条件较好的水田和旱坡地种植，特别适宜在沙泥田种植；9032抗青枯病能力较低，适宜在牛肝土田和红沙土种植；云烟87适应性较强，适宜多种土壤类型种植。

大蒜选用个头大、瓣少瓣大、顶芽肥壮、无病、无伤口，且休眠期短，生长迅速的大蒜作种蒜。人工扒皮掰瓣，去掉大蒜的托盘和茎盘，按大、中、小和蒜心进行分级，小蒜瓣根据具体情况处理。选种要求是纯白无红筋、无伤痕、无糖化、无光皮。原则上要求每粒重量5g左右。种子大小是获得高产的关键。

2. 播种　根据黄烟品种特性和环境趋势，确定黄烟的播种期，一般为5月下旬，结合大蒜浇水时，开沟手溜播种。亩播量0.05kg，幅宽为30cm，单行种植，株距50cm，亩保苗1 500株。黄烟长出3～4片叶时，即可间苗，长至5～6片叶时，可定苗，发现苗不齐，及时补苗，确保黄烟株生长整齐一致。

大蒜播种期为3月15日前后，亩播量为150瓣（40头），点种时蒜种要顺向排齐以免影响蒜芽发育生长。大蒜套种黄烟采用带幅60cm，大蒜幅宽为30cm，种3行，株距8cm，行距10cm，播深4cm，亩保苗3.8万株。

3. 田间管理　黄烟的施肥应根据土壤肥力情况，掌握攻头、保尾、重中间的原则，于黄烟定苗后结合浇水进行追肥，亩施尿素20kg。中耕是黄烟壮苗早发的重要管理措施之一，群众总结中耕的作用为“保墒增地温，松土促发根，壮苗防早花”。第一次在定植后7d浅锄保墒；第二次定苗后20～25d，深翻结合小培土；第三次定苗后30d以后，深翻结合大培土。旺长期是黄烟对水分、养分需要量最多的时期，结合浇水追施尿素50kg，及时进行打顶抹杈、打脚叶，每株留有3～5片叶，一般以见蕾打顶为好。若打顶后表现早衰缺肥，可用1%尿素液喷施作叶面肥。

根据大蒜不同生育期对环境条件的要求，幼苗期多中耕，少浇水，以控为主。苗水可控制在60%的大蒜叶片露出地面时浇，结合浇水追施尿素30kg/亩促其长旺，蒜薹大。烂母以后，以促为主，结合浇水追施尿素20kg/亩。大蒜需水量比较大，整个生长期一般需要浇4次水。覆膜水：大蒜播种后需及时浇水，浇足浇透，一株不漏，每亩浇水100m^3。此次水既满足大蒜种植的需要，又为覆盖地膜提供方便。壮苗水：地温在15℃以上时浇水。出薹水：蒜薹刚一出尖就浇此水。膨大水：拔完蒜薹就浇此水。

4. 病虫害防治

（1）烟草主要病虫害　有花叶病、角斑病、气候斑病和烟青虫。针对不同病虫害，主要防治措施如下。

① 花叶病的防治　注意田间操作及工具消毒，及时拔除病株并集中销毁；均衡营养，提高营养抗性，N、P、K肥合理配比，适当增加K肥用量；搞好避蚜、治蚜，切断病毒传播途径；用病毒必克可湿性粉剂500倍液、金叶宝可湿性粉剂400～600倍液或0.1%的$ZnSO_4$、20%病毒A喷洒防治。

② 角斑病防治　烟田合理施肥灌水，防止后期 N 肥过量，增施 P、K 肥。发现田间点片发生时，及时摘除病叶，并喷洒 1：1：150 的波尔多液或用 200 万单位的农用链霉素或 50% 的 DT500 倍液，间隔 7～10d 喷洒一次，连续 3 次以上。

③ 气候斑病防治　加强田间管理，增加根外追肥，提高烟叶抗逆能力；控制移栽密度，及时摘除底脚叶，增强通风透光；用 70% 的甲基托布津 500～1 000倍液、50% 代森锌 600 倍液或 200 万单位的农用链霉素 500 倍液喷雾。

④ 烟青虫防治　坚持“治早、治小”原则，把害虫消灭在 3 龄以前（暴食期）；捕杀幼虫、虫卵，检查底脚叶、叶背，发现有紫褐色虫卵时喷药杀卵，及时检查心叶、嫩叶，进行人工捕杀；用敌杀死1 000～1 500倍液、900% 敌百虫、50% 杀螟松乳油1 000倍液、50% 辛硫磷乳油 800 倍液、90% 万灵或快灵可湿性粉剂3 000～5 000倍液、50% 来福灵乳油1 000～2 500倍液效果都较理想。要交替用药，防止害虫产生抗药性。

（2）大蒜主要病虫害　虫害有根蛆、潜叶蝇、蛴螬。主要病害有软腐病和黄叶病。蒜蛆一般年份发生不普遍。对蒜蛆偏重发生的地块，可结合整地，在大蒜种植开沟时，每亩施草木灰 40kg，施于沟内，能有效控制蒜蛆发生。但当蒜蛆为害比较严重时，可用药物防治。防治方法是 4 月下旬每亩用 50% 辛硫磷乳油 100ml，加水稀释后，向大蒜根部灌药。播前用 50% 辛硫磷进行土壤处理，防治根蛆和蛴螬发生；用 80% 敌百虫 800 倍液进行根灌。在大蒜退母期到苗期引用诱液进行诱杀成虫。诱液配制法是红糖 1 份，陈醋 1 份，水 2. 5 份，加少量敌百虫农药用锯末拌匀，装于诱蝇器（瓷盆）置砖块上（或架子），每亩设 2～4 个诱杀器，每隔 5d 加拌量，10d 换一次进行诱杀。

对于软腐病和黄叶病，可用 50% 多菌灵 600 倍液喷雾防治。

5. 收获　根据黄烟不同步成熟的特点及时采收，晾晒贮藏，确保黄烟的高产量、高质量、高效益。

大蒜及时采收，不仅能获得质地上好的产品，且能节省养分，促进蒜头迅速膨大。当蒜薹露出 8～10cm 白苞时，是蒜薹收获的适期。蒜薹收获后 25～30d，植株叶片逐渐枯黄时为蒜头收获的佳期，一般为 7 月下旬。收获过早不仅减产减收，也不易贮藏。过晚蒜瓣易分离，造成散瓣，不便于收获。应选用晴天及时采收。收获后，大蒜要及时晾晒使其干透，又要防止暴晒，防止糖化。通常的方法是：蒜叶掩蒜头在田地里晾晒 10h，然后再把蒜须削掉（削时一定要削平、削净，切不可伤蒜体），放通风处继续晾晒，待蒜秆干到八九成时，剪蒜秆 2cm 下蒜头，装袋，放通风处继续晾晒，但不能直接暴晒。大蒜收获后给黄烟及时培土，有利于生长。

此外，尚有向日葵//打瓜、烟草//大白菜、油葵//瓜类等间作模式，不再赘述。

四、棉花与绿肥作物间作

（一）意义和作用

棉花是中国最主要的经济作物之一，在国民经济和人民生活中占有重要的地位。棉花具有无限生长习性，生育期长，尤其营养生长与生殖生长并进时间长，对水分、养分等的

需求较多。棉花是一种典型的耗地作物，长期种植，容易造成地力下降，单作必须增施大量肥料。

近年来，中国棉花生产上单纯依赖化肥、忽视有机肥投入的现象十分严重，棉田对化肥的依赖性越来越大，土壤肥力相继降低，土壤结构板结，土壤团粒结构和通透性越来越差，不利于土壤的培肥改良。此外，化肥的过量施用已成为浅层地下水硝酸盐污染和地表水富营养化的重要因素。日益严重的全球性的能源危机、化肥对环境的污染和给土壤等带来的问题，使得无论是为培肥棉田土壤提高土地生产力，还是节能开源使用肥料，以及从环境保护的角度出发，都对绿肥等有机肥的施用和研究重新加以重视。因而，棉花与绿肥间作的种植模式也重新得到重视。

绿肥是指所有能翻耕到土里作为肥料用的绿色植物，是一种优质有机肥料，对改良和培肥土壤都有较好的作用，又是可再生的生物资源。如果合理间作绿肥可以提高地力。中国有着丰富的绿肥种类和品种。据不完全统计，绿肥共有 98 种，其中，豆科 72 种，非豆科 26 种，分别占 73% 和 27%；其中，栽培面积较大的有 6 科 20 属 32 种，其中，豆科 26 种，非豆科 6 种，分别占 80% 和 20%，其发展前景十分广阔。

棉花与绿肥间作是比较成熟的一种种植模式。如棉花与豆科绿肥间作，豆科绿肥作物的根瘤菌能固 N，植株及残枝落叶及时翻入棉行，能够增加棉田有机质，有利培肥地力，提高土壤肥力；棉肥间作是一种在时间和空间上都能提高土地资源利用率、提高土地复种指数、培肥地力、保护生态环境的有效措施。种植绿肥当季作物增产不显著，但能满足下季作物对时间、空间及养分的需要，为获得高产奠定基础。

（二）规格和模式

1. 种植密度　是协调群体与个体之间的矛盾，充分利用光和空间，发挥棉花增产潜力的一项重要措施。据棉区经验，一般以株高定密度。株高 100 ~ 120cm，每亩留苗 3 000 ~ 3 500株；株高 80 ~ 120cm，每亩留苗3 500 ~ 4 000株；株高 70 ~ 80cm，每亩留苗 4 000 ~ 4 500株；株高 70cm 以下，每亩留苗6 000株以上。

2. 配置模式

（1）等行距　高水肥棉田行距 60 ~ 80cm；中等肥力棉田行距 50 ~ 60cm；旱薄地棉田行距 40cm 左右。

（2）宽窄行　一般高产棉田宽行 80 ~ 90cm，窄行 50cm 左右；中等肥力棉田宽行 60 ~ 80cm，窄行 40cm 左右。株距大小可按计划密度折算。行间撒播绿肥。

（三）技术要点

1. 绿肥栽培技术

（1）播种时期　一般长江中下游地区在 3 月底到 4 月初进行播种，5 月中旬及 6 月底刈割 2 次；黄河中下游各省在 4 月中旬进行播种，6 月初刈割 1 次；新疆吐鲁番在 4 月底播种，6 月中旬刈割 1 次。

（2）选择适宜的绿肥种类　一般与棉花间作的绿肥种类有柽麻、经济绿肥白豌豆、箭筈豌豆、草木樨、毛苕子、沙打旺、油菜、油葵和大豆等。

（3）绿肥及时刈割及翻压　长江中下游地区分别在5月中旬及6月底刈割2次；黄河中下游各省在6月初刈割1次；新疆吐鲁番在6月中旬刈割1次。及时收获晒干，绿肥刈割后及时翻压沤制，及早腾茬，改善棉田通透条件，增加边际效应，为棉田补充有机肥料，力争棉花多结伏桃和早秋桃。

2. 棉花栽培技术

（1）选择适用品种　宜选择高产优质，纯度高，增产潜力大，中后期生长稳健，后发性强，不易早衰的品种。如皖杂40、湘杂2号等。

（2）双膜覆盖，培育壮苗　采取双膜育苗，即在地膜平铺营养钵（方块）育苗的基础上，插上棚架，再覆盖一层农膜。3月底至4月初抢冷尾暖头适时早播，抢晴干籽播种。

播种盖土后，在床面上喷125ml/床（约15m^2）23%的床草净，加盖地膜，搭好拱棚。注意及时揭膜（或破膜）放苗，控制好苗床温度。搞好苗床化控，一般齐苗后5～7d或1叶1心期喷施1次浓度为50mg/kg的缩节胺。加强苗床肥水管理，栽前5～7d适施送嫁肥，大田苗床施30～37.5kg/hm^2碳铵。

（3）适时移栽，精细覆膜　移栽地膜棉花关键是如何提高移栽质量和覆膜技术质量。因此应做到：

①适时适龄抢晴抢墒移栽　4月底至5月上旬2～3叶期打穴移栽，栽时要浇足水、壅好根。移栽时应注意钵体（方块）不能吊空，钵（方块）要低于地面1.5cm，应避免栽苗过深和露肩现象。

②施足基肥　以有机肥为主，配合化肥。若基肥整地时已施入，移栽时一定要施活棵肥，施N量占总施量的20%～25%，P、K占总量的50%。使用时避免肥料与根部的直接接触。

③化学除草　一般用48%氟乐灵乳油或40%地乐胺乳油1.5～2.25kg/hm^2，加水450～750kg/hm^2，或使用50%乙草胺900ml/hm^2，均匀喷于棉行表面，喷后立即盖膜，切忌漏喷重喷。

④精细铺膜　宜选用厚度为0.004～0.006mm的地膜，覆膜宽度70～80cm。铺膜后要保持地膜平整，紧贴地面，并清扫膜面，提高受光面积，增加保温效果。

（4）扩行缩株降密，合理全程化控　适当放大行距（平均行距1m），缩小株距（35～37cm），降低密度（27 000～30 000株/hm^2），防止因过早封行，中后期荫蔽，导致中下部蕾铃脱落，烂铃增多。要本着“前轻后重，少量多次”的原则，搞好全程化控。第一次在8～9叶期，用缩节胺15g/hm^2；第二次于初花期（16～18叶期），用缩节胺22.5g/hm^2；第三次于7月下旬盛铃期，用缩节胺30g/hm^2；第四次在打顶后7～10d，用缩节胺37.5～45g/hm^2。喷缩节胺化调时，最好与KH_2PO_4和B肥混用，可用缩节胺90～120ml/hm^2加$KH_2PO_4$1.5kg/hm^2，B肥100g/hm^2加水225～300kg/hm^2喷施。缩节胺不能与农药混用。

（5）及时揭膜追肥，防止早衰　棉花绿肥间作棉田，由于地膜覆盖，棉花容易发生早衰。防止棉花早衰是夺取棉花高产的关键。在施足基肥的前提下，早施重施花铃肥，普施盖顶肥。单产皮棉1 500kg/hm^2以上的适宜施肥水平为纯N 375kg/hm^2、P_2O_5 120kg/

hm^2、K_2O 225kg/hm^2。第一次花铃肥于初花期及时破膜施用，即为接力肥，用肥量占总N量的25%～30%，强调有机无机结合，N、P、K配施；第二次在盛铃期，一般在7月下旬，用量占总N量的30%；盖顶肥用量占总量的10%～15%，于8月中旬雨后或抗旱后趁土壤潮墒及时撒施。7月底至8月初适时早打顶，按期喷施叶面肥。7月初开始至9月上中旬止，每隔10d喷施1次叶面肥，用1%的KH_2PO_4+1%的尿素+0.5%的B肥于晴天下午喷施叶的背面。力争嫩过8月，健长9月，实现壮伏桃、争秋桃的目的。

（6）防止烂铃，提高品质

①搞好肥水运筹，合理促控，及时整枝 减少棉田荫蔽，降低田间湿度，增强棉花的抗病虫能力。

②处理烂铃 烂铃开始发生时抢摘、抢剥烂铃，既可减少损失，又可减少病菌的传染。采用代森锰锌、退菌特、乙膦铝等药剂防治烂铃。

③去蕾 5月底6月初现蕾，6月25日前即可开花的早发棉田，可在盛蕾期用人工一次摘除下部3台果枝上的全部花蕾。7月中旬，将下部去蕾果枝的边心打去，以控制伏前桃过多（一般每株不超过5个），利用棉花的补偿性，争取多结伏桃和早秋桃，减少烂铃，提高品质。

（7）病虫害防治 注意抗旱排涝防渍。棉花绿肥间作，移栽地膜棉生育进程早，植株前期嫩绿，中期健壮，虫害发生早而重，特别是棉铃虫和棉红铃虫，一定要及时防治。同时，移栽地膜棉根系较浅，抗倒能力差，注意搞好抗旱、排涝、防渍、防倒伏工作。

（四）效益分析

赵敏等（2002）在河北邯郸进行棉花间作油菜或柽麻的研究结果表明，棉花间作油菜或柽麻对天敌繁殖有一定的促进作用，其中，瓢虫发生时间早且数量多，在棉苗期（5～6月）天敌可有效控制蚜发生，两间作区蚜虫发生第一次高峰期比对照提前2～3d，且蚜量也小于对照；棉花、油菜间作区蚜虫第二次高峰期虫口数量远小于对照，棉花、柽麻间作区无第二次高峰期；药剂拌种可有效地控制棉苗早期蚜虫的为害，持效期为30d左右。在棉苗中后期，棉花、柽麻间作区绿色覆盖率高，加之柽麻植株高大，使地面接受光能少，湿度相对较大，对棉蚜发生极为不利。同时，柽麻也阻碍有翅蚜的迁飞，并且有天敌的控制作用，致使棉蚜的第二次高峰期并未出现，起到了较好的防蚜效果。

据孝感地区农牧局与云梦县农牧局1980年在云梦县隔卜区群力大队联合试验结果表明：①春播绿肥生物量对土壤肥力的影响：草木樨、毛苕子、沙打旺3种绿肥中，均以草木樨的生物量和植株养分含量最高；3种绿肥翻压后，对连作棉田土壤有机质、速效养分含量均有一定的影响，沙打旺对土壤速效P和速效K有较强的富集作用；②春播绿肥茬口对棉花生长发育及棉花产量的影响：绿肥翻压对棉花的生长影响效果显著，绿肥茬口的棉花在干物质积累、植株养分吸收及产量构成因素方面均优于连作棉田。此组试验的棉花产量大小为：沙打旺→棉花>草木樨→棉花>毛苕子→棉花>连作棉田CK；③复播绿肥生物量及对土壤肥力的影响：草木樨、油菜、油葵、大豆4种复播绿肥的生物量和植株N、植株P、植株K的含量分别以草木樨、大豆和油葵的最高；绿肥翻压后，对土壤均有一定的培肥作用，油菜、油葵的富K作用较为突出；④复播绿肥茬口对棉花生长发育及

棉花产量的影响：绿肥茬口的棉花的各项生理指标也均优于连作棉田。复播绿肥草木樨的棉花产量最高为 4 071.04kg/hm^2，比 CK 提高了 48.8%；其次为大豆、油葵和油菜。

五、大豆与苏丹草间作

（一）意义和作用

苏丹草［*Sorghum sudanense*（Piper）Stapf.］是一种高秆禾本科高粱属多年生牧草。因不耐霜冻，一般作为一年生牧草种植。苏丹草适应性强，耐干旱，分蘖多，再生迅速，产量高，一般每亩产鲜草10 000kg 以上。喜热，易栽种，宜与黑麦草轮种；营养价值高，饲喂草食性鱼类，20～25kg 可长鱼 1kg，被渔农称为“渔用饲草之王”，其种植面积占渔用饲草种植面积的 70% 左右。苏丹草播种期弹性大，在北方地区从每年的 4 月中旬至 6 月中下旬均可播种。大豆与苏丹草分属豆科和禾本科植物，苏丹草为高秆，大豆为矮秆。大豆与间作苏丹草可以充分利用空间、光能、地力等资源潜力，两种作物间作有促进作用，能够大幅度提高大豆与苏丹草的单位面积产量和经济效益，改善饲草品质；同时，利用麦茬中低产田实行大豆与苏丹草间作，管理比较简单，增产效益明显，是北方中低产田地区发展粮草生产的一条有效途径。

（二）规格和模式

杜高唐等（2004）在山东省滨州市进行夏播大豆间作苏丹草试验，前茬为冬小麦。大豆品种为鲁豆 2 号。小麦收获后耙地灭茬，大豆与苏丹草同时于 6 月 20 日播种。每一间作带为 270cm，其中，夏播大豆 6 行，行距 30cm，间作苏丹草 2 行，行距 40cm。在每一间作带大豆占 190cm，苏丹草占 80cm，分别占间作面积的 70% 和 30%。

（三）技术要点

1. 选地整地　苏丹草对土壤的要求不高，沙土、黏土均可栽种，但以肥沃的黏质黑土种植产量最高，贫瘠过瘦的土壤与沼泽地不宜种植。苏丹草的根系发达，整个生长期间要从土壤中吸取大量的养分。种植苏丹草要深翻土，细整地，施足基肥。基肥以有机肥为好，一般每亩用猪、牛粪肥或厩肥3 000～4 000kg，过磷酸钙 30kg，或者亩施 30～40kg 复合肥。土壤要整细整平，便于浇水和田间管理。

2. 播种　大豆与苏丹草同时用耧条播种。苏丹草条播行距 25～30cm，点播或移栽的株距为 20cm，每穴播种 10 粒左右，移栽每穴用苗 5～6 根。播种深度 4～6cm，土壤要湿润，一般每亩用种子 1.5～2kg。播种后 8～10d 可出齐苗，幼苗长到 10～15cm 时即可移栽。

3. 田间管理

（1）追肥　大豆在苗期用耧串施用过磷酸钙 25kg/亩，碳铵 10kg/亩。在开花前还要施用碳铵 10kg/亩。苏丹草于每次收割后每亩追施碳铵 20kg。

（2）中耕培土　大豆在封垄前要中耕 2～3 次，最后一次要深锄培土。幼苗期的苏丹草生长缓慢，易受杂草干扰。当幼苗长到 10～15cm 时，即应中耕除草和追肥，以后视土

壤板结程度和杂草出现情况再中耕一次。一般在刈割前中耕、施肥两次即可，出现分蘖后不再中耕除草。

（3）苏丹草刈割　苏丹草第一次刈割宜在茎高 80cm 左右，刈割处离地面7～10cm，过低会影响新枝的萌发和生长，影响产量。以后每半月左右刈割一次，每次刈割后的 3～4d 要中耕施肥一次。施肥用人粪尿1 000～1 500kg/亩或尿素 8～10kg/亩。苏丹草产量高，叶面积大，需水量多，夏季高温干旱时于每次刈割后要注意浇水，以促其快速生长。

（4）防治虫害　大豆在开花结荚期常发生食心虫、造桥虫，要及时进行防治。苏丹草生长期的病害主要是粉锈病，每亩用15%粉锈宁水剂 35g 加水 20kg 喷防；虫害主要是蚜虫，每亩用20ml 速灭杀丁加水 20kg 喷洒，防治效果好。

（四）效益分析

杜高唐等（2004）在山东省滨州市进行夏播大豆间作苏丹草试验。研究结果表明，夏大豆间作苏丹草，大豆每亩产量为 197.5kg，比对照区单产增加 16.6kg，增幅为 9.17%；苏丹草在间作期间，割草 3 茬，每亩鲜草总产量为 3 829.0kg，比对照区单产增加 742.2kg，增幅为 24.0%。同时，饲草的增产，增加了载畜量，不仅发展了畜牧业，还实现了秸秆还田，促进了农业的发展，形成了农牧业的良性循环。

本章参考文献

1. 曹小娣．2008. 芝麻花生间作效益好．农家科技，(1)：11

2. 杜高唐，李玉坤，郑红丽．2004. 夏播大豆间作苏丹草试验报告．饲料广角，(23)：32～33

3. 樊建东，李淑珍，雒建明．2007. 向日葵间作杂豆增效益。山西农业，(3)：22

4. 韩猛，韩新生，王靖等．2010. 花生间作花菜条件下氮磷钾肥配施效应的研究．青岛农业大学学报：自然科学版，(4)：285～288

5. 韩猛，韩新生，王靖等．2010. 花生间作大豆条件下氮磷钾肥配施效应的研究．大豆科学，(4)：666～668

6. 花文苏，蒋明德，赵宁桂．2006. 春播棉花—胡萝卜高产高效间作套种技术．上海蔬菜，(3)：56～57

7. 李红梅．2010. 花生—芝麻间作模式研究．现代农业科技，(7)：53

8. 李娟．2002. 沟岔水地大蒜间作黄烟高产高效栽培技术．青海农技推广，(1)：41～42

9. 李清曼，王化岑．1998. 棉花—花生在不同间作模式下土壤养分的变化特点．地域研究与开发，(1)：65～68

10. 刘登望，李林，王正功．2010. 棉花花生间作复合系统的照度、生长发育与生产力效应．中国农学通报，26 (24)：270～275

11. 刘红光，孙慧博，刘婷婷等．2010. 蓖麻间套作高效栽培模式．农业科技通讯，(6)：102～104

12. 毛文杰．2007. 大白菜与烟叶间作栽培技术．湖北农业科学，(1)：73

13. 强学杰，余行简，石炳谦等 . 2002. 小麦—棉花—油葵间作套种高产栽培模式 . 中国棉花，(2)：37

14. 孙俊，付克勤 . 2009. 旱地胡麻与葵花间作高产栽培技术研究 . 现代农业科学，(5)：69 ~ 72

15. 汪强，吴延华，赵莉等 . 2011. 芝麻与花生间作套种增效技术研究 . 安徽农业科学，39（27)：16 519 ~ 16 522

16. 王健，蔡崇光 . 2002. 花生、芝麻间作高产高效技术 . 辽宁农业科学，（1)：44 ~ 45

17. 王小琳，刘辉，顾正清 . 2001. 棉花间作花生的效应研究 . 花生学报，30（4)：19 ~ 22

18. 王子强 . 2005. 芝麻大豆间作栽培技术 . 现代农业科技，(10)：26

19. 杨文耀，张雄，轩继春等 . 2004. 河套灌区瓜类作物间作油用向日葵技术模式研究 . 华北农学报，19（51)：141 ~ 143

20. 杨中旭，李秋芝，尹会会等 . 2010. 鲁西地区棉田间作套种模式及其配套栽培技术 . 中国棉花，(2)：41 ~ 42

21. 叶乐士 . 1998. 棉花与花生间作的经济效益及栽培技术研究 . 中国棉花，（7)：14 ~ 15

22. 于勇，秦宏，何峰等 . 2010. 向日葵间作套种的优点及方式 . 现代农业科技，(17)：95

23. 于志清，顾玉秋，韩海涛等 . 2004. 葵花打瓜间作栽培 . 农村科学实验，(23)：24

24. 赵敏，米青荣 . 2002. 棉田间作绿肥对棉花苗期主要害虫和天敌消长的影响 . 中国棉花，29（7)：10 ~ 11

25. 赵素英，聂会芳 . 2006. 棉花间作油葵、娃娃菜栽培技术 . 北京农业，(5)：7

第三章 蔬菜作物间作

第一节 蔬菜作物之间的间作

两种或两种以上的蔬菜隔畦或隔行、隔株同时有一定规律地种植在同一块土地上，称为间作。在生产上常将间作与套作配合使用，以增加一年中单位面积菜田里的收获次数和蔬菜种类。在实行蔬菜作物之间的间作时，要注意以下几点。

一要合理搭配蔬菜的种类和品种。做到高矮、圆尖、深浅、早晚、阴阳搭配。二要安排合理的田间群体结构。应认真处理好主副作物争光线、争空间、争肥水的矛盾。因此，要确定主副作物合理的配置比例，确定合适的株行距。三要采取相应的栽培技术措施。总之，从种到收，要随时采用相应的农业技术措施，防止主副作物的矛盾发生发展，而促进其互利方面的发展。本章选取了一些代表性的蔬菜作物，介绍蔬菜与蔬菜间作技术及主要模式。

一、以山药为主的间作

（一）山药与生姜间作

1. 条件 山药与生姜间作是在较好地利用土壤肥水和空间，且不影响产量的情况下创造高效益的种植新模式。生姜为耐阴性作物，不耐强光，栽培需遮阳；而山药生长需要搭架，在生长过程中正好为生姜生长提供遮阳条件。山药与生姜间作适宜在土层深厚、有机质丰富、保水保肥、排灌方便的沙质壤土地块上采用。

2. 规格和模式 采用 1.8～2m 为一种植带。种植两行（一架）山药间作两行生姜。山药小行距 35～40cm，株距 25cm 左右，亩栽山药2 700～3 000株。在两架山药之间间作两行生姜，生姜小行距 35～40cm，株距 20cm，亩植3 300～3 700株。

3. 技术要点

（1）整地施肥 秋季作物收获后，尽早浅耕灭茬，冬前进行深翻 30cm 左右。山药畦按沟距 1.4～1.6m 开沟，沟宽 40cm，挖深 0.7～1m。早春随土壤解冻而回填土入沟，并起成高 10～12cm，顶宽 45～50cm 的平畦，结合回填亩施优质腐熟土杂肥2 500kg，优质三元复合肥 40kg 或专用配方肥 75kg，施于中上部并与土混匀；生姜地早春再翻耙 1～2 次，结合整地亩施腐熟土杂肥5 000kg 左右。生姜在生长过程中需 K 肥较多，可在基肥中增施草木灰和 K_2SO_4，整地要平整，小行距按 35～40cm 开沟播种。

（2）选种催芽　选择丰产抗病、形状和表皮特征优良的菜用山药或长毛山药。采用山药以块茎繁殖，种薯切成重 100g 左右，切块后涂上草木灰，在室内放置通风处令其发芽后栽植。长毛山药一般以顶芽作为种子繁殖。在定植前 20 ~ 25d 取出山药栽子晾晒 2 ~ 3d 后催芽，待芽长 3 ~ 5cm 时定植，只留一主芽，抹去其余侧芽，以利苗齐苗壮。生姜选用莱芜片姜作种姜，3 月底至 4 月初取出种姜晒 2 ~ 3d，以提高姜块温度并杀死部分病菌。选用块大肉厚，皮色黄亮，无病虫害的健壮姜块作种。置于阳畦或大棚内催芽，采用变温催芽，以利于形成短壮芽，待芽长到花生米大小时即可播种。

（3）适期播种　山药在 3 月下旬地温稳定在 10℃以上时播种定植。定植前须泅沟造墒，足墒下种。可用直径 3 ~ 5cm，长 1 ~ 1.2m 的圆钢管或木棍按株距要求打 70 ~ 80cm 的眼，在眼内填上草木灰，结合防治地下害虫每亩用 5% “812” 粉 1kg 加细土 10kg 与草木灰同填，将山药栽子（带芽块茎）放在眼上部离地面 8 ~ 10cm 处，上面覆土。

在生姜适期播种前 20 ~ 30d（多在清明前后），从贮藏窖内取出姜种，晾晒 1 ~ 2d，放在 20 ~ 25℃的温度条件下催芽，20d 后，当芽长 0.5 ~ 2cm，粗 0.5 ~ 1cm 时，就可以用于田间播种。生姜在 5 月上旬地温稳定在 15℃以上时下种，姜块催芽后要进行分芽。每块重 50g 左右，选留一个壮芽，去掉其余侧芽。栽植时，将姜块平放于种植沟内，使芽头稍向下倾斜并朝一个方向，以利于发生新根和收获种姜。摆放好后，上面覆盖 4 ~ 5cm 厚的堆肥、草木灰或潮湿细土。

（4）山药田间管理　山药出苗后，幼茎纤细而脆嫩，极易折断，在苗高 30cm 以后应及时支柱搭架。一般搭成“人”字形支架，架高 1.2 ~ 1.5m。细长毛品种侧枝过多，应及早摘去基部侧蔓。夏季零余子大量形成，养分消耗过多，应及时摘去一部分，以增加山药产量。山药在幼苗出土后 20 ~ 30d 应追施一次优质腐熟有机肥，每亩 2 500 ~ 3 000kg；一月后进行第二次追肥，亩施 N、P、K 三元复合肥 25 ~ 30kg，以促进块茎膨大，增加产量。8 ~ 9 月份时，根据山药长势再施适量人粪尿或速效 N 肥，防止藤蔓早衰。如果山药有旺长的趋势，可每亩用 15% 多效唑可湿性粉剂 70 ~ 80g 喷施处理控制。中耕除草结合肥水进行。山药遇旱要及时浇水，浇水在早晚进行且只浇半沟水，雨水过多时，要注意排水防涝。

（5）生姜田间管理

① 中耕、培土　姜苗出土后，要进行中耕除草，中耕宜浅不宜深，不能伤及根系。到植株高 30cm 时一般进行 2 ~ 3 次中耕。随植株生长及地下根茎的迅速膨大，分枝越多，根茎在土壤的位置升得越高，要结合中耕进行培土。培土要进行 3 ~ 4 次，每次培土 2 ~ 3cm，使原来的栽培沟变成垄。

② 追肥及浇水　追肥一般分两次进行。一是苗高 13 ~ 15cm 时追提苗肥；二是立秋后植株进入旺盛生长阶段，结合培土，重施追肥，促进姜块的生长发育，提高产量。生姜苗期生长最小，遇干旱宜浇小水，夏季高温干旱时要经常浇水降温，促进植株快速正常生长。暴雨后要及时排水，以防引发姜瘟病。秋后要保持土壤湿润，以促进姜块的生长发育。

（6）病虫害防治　山药生长期基本上不发生病虫害，但地下害虫可为害块茎。在生长盛期浇灌山药茎基部可防治地下害虫为害；生姜则不同，其主要病虫害有姜瘟病（姜

腐烂病）和姜螟（姜钻心虫）。

防治姜瘟病可采取以下措施。一是选用无病姜种，轮作换茬。二是药液浸种，可用1∶1∶100波尔多液或50%瑞毒霉锰锌500倍液浸姜种20~30min。三是药液灌根，在7月底或发病初期用1∶1∶100波尔多液或40%乙膦铝300倍液或农用链霉素2 000倍液灌根，每株灌0.25kg药液。四是茎叶喷雾，用70%代森锰锌800~1 000倍液每隔10~15d对茎叶喷雾，连喷2~3次。防治姜螟可用80% DDV800倍液，对叶面喷雾，亦可用此两种药剂注入地上茎的虫口。

（7）收获与贮藏　山药于霜降后地上藤蔓开始枯死时就可收获，也可根据市场行情在地里越冬，春节前后供应市场。生姜可于10月中下旬初霜之前，地上茎叶尚未经霜枯死时收获，随收随入窖贮藏，贮藏时新姜和老姜要分别放置，以利于贮藏管理。

4. 效益分析　采用该种植模式，一般亩产山药1 750~2 000kg、生姜2 000~2 500kg，亩产值可达5 000~6 000元，纯收入为4 000~5 000元。

（二）山药与毛豆间作

1. 条件　土地选择以考虑山药为主，毛豆无特别要求。种植山药最好选择土质肥沃、土层深厚、保肥保水力强、通气性好、排灌方便的沙质壤土，忌选择盐碱地和黏土地，特别是含有砂姜或胶泥层的地块，同时，还必须远离工矿企业，以免对其形成污染而影响品质。

2. 规格和模式　冬前要挖置山药沟，最好用山药打沟机，既可提高工效，减轻劳动强度，又可使山药沟整齐一致。山药沟一般沟宽20~25cm、深80~110cm、行距100cm。人工挖沟时生熟土分别放置，经冬季冻垡风化，杀灭部分土壤病菌及越冬虫卵。早春随解冻往沟内填土，先填生土，后填熟土，不打乱土层。为防止土壤太疏松，造成土壤塌坑，损坏块茎和根系，可分次填土，每次回填土厚度不超过15cm，填土后两脚贴沟壁踩，中间留一条松土带，作为块茎生长区。结合整地每亩施腐熟有机肥4 000~5 000kg、K_2SO_4复合肥30kg，50%多菌灵可湿性粉剂800g、90%敌百虫可溶性粉剂200~250g，混合施于距土壤表层30cm的地方。然后浇水渗透沉实，灌足底墒，把山药沟填平，最后把剩余熟土填上，做成15cm高畦。畦宽20~25cm，平畦宽75~80cm。

播种前先在畦中央开10cm深的沟，每亩顺沟撒施K_2SO_4复合肥4~5kg作种肥，然后将山药栽子顺向摆放在沟中央，芽向上，株距15~20cm，然后覆土7~8cm，垄两边用脚踩实。毛豆播种时先在平畦中央开7~10cm深的沟，顺沟亩施种肥磷酸二铵5kg，然后进行穴播，墩距10cm，每墩3~4粒种子，覆土3cm。若墒情不足时，可顺沟浇小水，等水渗下后播种。

3. 技术要点

（1）播种　山药的栽植材料有山药栽子、山药段子和山药豆子3种，高产栽培一般都采用山药栽子。栽子的大小以100~150g为宜，以便有足够的养分供根叶生长。种前把切好的栽子先用50%多菌灵可湿性粉剂500倍液浸泡5min，捞出后在阳光下晾晒3~5d，在棚室或其他温度高的地方催芽备用。一般在4月上旬播种。毛豆播种较山药晚，掌握的原则是当地终霜时毛豆出苗为宜，一般在4月15日前后开始播种比较适宜。

（2）山药管理

① 中耕除草　出苗后及时划锄，可起到提温、保湿、除草的作用。但在山药生长的中后期，尽量不要中耕，以免损伤根系，此时除草可采用拔小草割大草的方法。

② 支架　出苗后要及时搭架。在苗高 25cm 左右时，选长约 2.2m 的竹竿，搭成“人”字形支架，架高 180cm 左右。支架可用铁丝按行拉起，以增加牢固性，并利用茎的右旋特性引蔓上架。

③ 施肥　苗出齐后，可在山药与毛豆中间挖一条 10cm 的施肥沟，每亩施腐熟饼肥 50kg、K_2SO_4 复合肥 40kg。以后每隔 20～30d 追肥 1 次，每亩施尿素 10～15kg。植株现蕾时，应重施 1 次肥，每亩追施 K_2SO_4 复合肥 30～40kg。收获前 30～40d 进行最后 1 次追肥，每亩施复合肥 20～25kg。另外，在块茎膨大期可叶面喷洒块茎膨大灵，每亩用 20ml 加水 25kg 均匀喷雾，隔 10d 喷 1 次，可增产 15% 左右。山药生长后期结合防病治虫，应进行根外追肥，可用 0.3% 的尿素溶液或 0.3% 的 KH_2PO_4 及光合作用微肥进行叶面喷施，防止早衰。

④ 浇水　山药发芽期遇雨易使土壤板结，雨后应适时松土，以保证顺利出苗。生长前期，为使块茎向下生长，一般不浇水。块茎生长旺盛期生长速度很快，1d 可长出 1 片叶子，应始终保持土壤处于湿润状态，一般 2～3d 浇水 1 次，切忌大水漫灌。夏季大雨过后应及时排水，并进行涝浇园，以降低地温。

⑤ 摘花蕾　当中上部的茎蔓叶腋间生长出零余子（山药豆子）的花蕾时，除留下结零余子的植株外，应及早摘除，以避免因消耗大量养分而影响块茎膨大。

⑥ 病虫害防治　山药病虫害较少，防治的关键时期在 6 月初至 8 月中旬。虫害主要有山药叶蜂，可用 40% 辛硫磷乳油 1 500倍液喷雾防治。病害主要有炭疽病和褐斑病。山药褐斑病可用 75% 百菌清可湿性粉剂 600 倍液喷雾防治。每隔 7～10d 喷药 1 次，收获前 20d 停止用药。

（3）毛豆管理

① 预防鸟、兔害　早春鲜食毛豆栽培苗全、苗壮的关键是预防喜鹊、野兔的为害。两片子叶露出地面时，是喜鹊、野兔为害的关键时期，当出现复叶后，就不再受其为害。防治方法：毛豆出苗前，每亩用 3% 的辛硫磷颗粒 1kg 拌细土 8kg，顺毛豆播种行均匀撒施。

② 定苗　当第二片复叶展开时进行定苗，去弱留壮，剔除受虫、鸟、兔为害苗，每穴留苗 2 株，亩留苗 13 000株。

③ 中耕除草　毛豆有 2 片复叶后进行第一次中耕，中耕深度 5～10cm，以增温、保墒、除草，破除板结，促进毛豆生长。第二次中耕于开花前进行，结合中耕对毛豆进行培土，防止毛豆倒伏。

④ 肥水管理　在毛豆生长期间不再单独施肥。毛豆花荚期是营养生长和生殖生长最旺盛的时期，应保证水分供应。特别是毛豆鼓粒期应浇一次鼓粒水，有缺肥症状的可结合浇水亩施尿素 5kg。

（4）适时收获　山药可在霜降前后，茎叶枯黄时开始收获，也可根据市场需求早收提早上市。若当年不收，冬前拉秧后应培土 30cm，于翌年春季再开沟收获。毛豆在豆粒已饱满，豆荚尚青绿时采收。采收过早豆粒瘦小，产量低；过迟则豆粒过硬，影响品质。

4. 效益分析 以上山药和毛豆间作模式，实现了山药、毛豆的优质高产高效栽培，亩产山药2 500kg、鲜豆荚1 100kg，亩收益达1 万元左右。

二、以大蒜为主体的间作

（一）大蒜与番茄间作

1. 条件及规格模式 收后快速灭茬，施足底肥，耕耙平整土地，按2.5m 划行畦，于秋分前后每畦栽植9 行大蒜，行距20cm，株距10cm。栽后立即浇足水，待稍干后覆上微膜，利于保温保湿。翌年4 月1 日前后育番茄苗，5 月15 日前后大蒜收获后，及时复栽番茄，采用宽窄行定植，窄行行距40cm，宽行80cm，每亩3 500 ~ 4 000株，株距35cm。

2. 技术要点

（1）精细整地，施足底肥 大蒜栽前及时深翻，平整土地，达到地面“平、净、细、虚”的要求，活土层深度33cm 以上。随翻地施入农家肥和 N、P、K 复合肥，一般亩施优质农家肥4 000 ~ 5 000kg，大蒜底施45% 含量的复合肥75kg/亩；番茄底施有机肥5 000 kg/亩，45% 含量的复合肥50kg/亩，实行一茬作物一茬底肥。

（2）选用优种大蒜 选用当地的紫皮大蒜，其个大、瓣多，抗寒性强，丰产性好。番茄生长季节正值暑夏，因此，必须选用耐高温、抗病性强、抗裂且耐运输、具有无限生长特性的品种，如毛粉802、美国908 等。

（3）加强水肥管理 大蒜定植后必须浇定植水，这样利于及时出苗，越冬前浇好越冬水。抽薹前也正是大蒜快速生长期，须追肥1 次，追肥以K 肥为主，亩追N 肥10kg，K 肥15kg，并隔5 ~7d 浇1 次水，俗语说“三月蒜泥儿串”就是这个道理。番茄定植后立即浇1 次定植水，5d 后再浇1 次缓苗水，行距之间可用麦草或地膜覆盖利于保温。在第一穗果长到核桃大小时，亩追碳铵10kg 左右，K 肥10kg，在第二、第三花穗果迅速膨大时，及时追肥，采取勤施猛攻，一般每隔10d 左右浇1 次水，施1 次人粪尿或沼液，亩追1 000kg。番茄采收后，根部吸收能力下降，要及时进行叶面追肥，一般喷施B 肥、Ca 肥、Zn 肥或稀土。

（4）防治病虫害 大蒜一般病虫害较少，虫害以根蛆为主，可用辛硫磷配合浇水进行灌根。番茄常见的病害有早疫病、晚疫病、病毒病、筋腐病等；虫害有棉铃虫、美洲斑潜蝇、白粉虱等，及时选用适宜药剂做好防治工作。

3. 效益分析 一般每亩产鲜蒜3 500kg、番茄5 000kg，毛收入9 500 元，除去投资1 400元，每亩净收入8 100元，产投比5.8：1。

（二）大蒜与胡萝卜间作

1. 条件 牛欢（2011）利用旱地全膜覆盖秋播大蒜复种胡萝卜，创造性地应用于大蒜次适宜区栽培，同时依据大蒜抗寒性强的特点，实行秋播栽培，使之早成熟、早上市；大蒜收获后及时复种胡萝卜，获取了较高的经济效益。

2. 规格模式及技术要点

（1）品种选择 大蒜品种选用天水改良红皮大蒜或乐都紫皮大蒜，胡萝卜选用红皮

五寸参、郑参丰收红、郑参秀红等优良品种。

（2）整地施肥　因地制宜，选择土层深厚、土壤肥沃、地势平坦的川台地或梯田地。前茬以豆类、小麦为上，土壤要整平整细。结合整地每公顷施充分腐熟的农家肥45t以上，尿素300～375kg，P肥750kg。同时，用15kg 50%辛硫磷适量加水喷雾处理土壤，预防地下害虫为害。

（3）起垄播种覆膜　上述地域秋播大蒜适宜播种期为9月20至10月10日。要求起垄、播种、覆膜依次紧密衔接完成。

① 播前准备　播前10d挑选蒜头剥离蒜瓣，先晾晒2～3d，挑选无霉变、无病虫害、无损伤的蒜瓣按大小分级，然后分级播种，便于管理。

② 起垄　选用120cm幅宽的地膜，按35cm等行距起垄，垄高10～15cm，每次起3垄，要求垄面平整高低一致。

③ 播种大蒜　在垄沟内按株距8～10cm、深3～5cm点播，一般播量27万～30万株/hm^2，需干蒜头1 650～1 950kg/hm^2。

④ 覆膜　每次播种3行大蒜（第一次播4行），然后覆盖120cm宽幅薄膜，要求膜面紧、平、滑，无皱褶，同时，在沟内撒1cm左右厚的细土，压紧地膜，以便大蒜出苗，纵向每3～4m压一土带防止大风揭膜。播种后10～15d及时检查出苗情况，对没有自行顶破膜出苗的蒜苗，要及时人工放苗，严寒来临时，有3～4个叶片，即可安全越冬。越冬期间保护好地膜防止牲畜践踏和啃食幼苗。

（4）田间管理

① 退母期　翌年3月上旬，在大蒜退母期，叶面喷施一次0.30%的尿素和0.50% KH_2PO_4混合液，以后每20d喷施1次，直至采薹结束。

② 防治病虫草害　4月下旬开始，用40%农药乳油1 000～1 500倍液防治斑潜蝇和蓟马。膜下杂草可用细长铲人工铲除。

③ 采薹　当蒜薹超过顶叶8～10cm时及时采收。一般旱地抽薹率30%～90%（主要决定于品种特性及当年5月的降水量），而且参差不齐，要分批采收干净以利鳞茎膨大。

④ 采收　采薹后20d左右即可收获鲜蒜。一般在6月中下旬，大蒜茎秆及叶片发黄变软时开始收获。收获的大蒜鳞茎剪掉茎秆即可上市销售，留种的晾晒2～3d后，按30～50头编成辫，挂在通风处风干。

（5）复种胡萝卜　大蒜收获后，及时清除地面残留地膜及枯枝烂叶，结合深翻整地施入腐熟有机肥3 000kg/hm^2，复合肥750kg/hm^2，耙耱整细整平。

① 播种　胡萝卜出苗困难，创造良好的发芽条件，保证苗齐苗全是丰产的关键措施。因其种皮有茸毛，不易吸水膨胀，所以，播种前要搓去种子表面的茸毛，以利吸水和播种均匀。由于优良品种价格贵，一般采用条播法播种。每公顷用7.50kg种子配225kg磨细的油渣搅拌均匀，再用滚筒式点播器（穴距以15～20cm最好）按20cm行距，调至每穴4～5粒时开始点播。用此法播种，不但深浅一致，出苗整齐，而且间苗定苗简单，管理方便。

② 田间管理　幼苗在1～2片真叶时间苗，每穴留1～2株，4～5片真叶时定苗，每穴留一株健壮苗，留苗24万～27万株/hm^2。胡萝卜病虫害比较少，进入秋季雨水较多，

应注意排涝，在8月下旬至9月上旬趁下雨天撒施三元复合肥450kg/hm^2。

③ 收获　根据当地具体气候条件，在上冻之前及时收获。加工及鲜售的切掉叶片抖净泥土即可上市。贮藏的先晾晒3～5d，到气温降到0℃左右时可入库（窖）。

3. 效益分析　每公顷产鲜蒜头16 500～21 000kg，产胡萝卜36 000～40 500kg，经济效益十分显著。

（三）大蒜与辣椒间作

1. 条件　由于大蒜有一种特殊气味，能使为害辣椒的害虫闻之而逃，使辣椒免受病虫为害，提高辣椒的产量和品质。适合于土层深厚、有机质丰富、保水保肥、排灌方便的沙质壤土地块上采用。

2. 规格和模式　李长春（2011）取大蒜畦宽60～80cm，每畦种4行，株距7～10cm，两畦间留畦埂宽20～25cm，高15cm，用于套种辣椒，形成辣椒行距80～100cm、株距30cm的套种模式。

3. 技术要点

（1）选用良种　选择肥大圆整、蒜瓣整齐，无病，无腐烂的蒜头作蒜种；辣椒选用抗温易越夏、抗逆性强的品种。

（2）适时播种　大蒜播种的最适时期是使植株在越冬前长到5～6片叶为宜，播种深度为2～3cm，播种后浇出苗水，盖上地膜。辣椒播期大约在2月下旬，播前10～15d整地筑畦，播前2～3d给苗床浇透水，然后将种子均匀撒播，盖上1cm厚的细土，盖上薄膜。架好拱棚，出苗前不放风，并注意夜间保暖，出苗后逐渐放风降温。一般在拔完蒜薹套种辣椒，每墩3～4株，套种后浇1次定植水。

（3）田间管理　大蒜主要做好四水一肥的管理。先是齐苗水和越冬水，然后返青后结合浇水施用大蒜专用肥，采收蒜薹后，再追施大蒜专用肥并及时浇水。在蒜薹采收完后及时定植辣椒，之后10～15d中耕，保墒，定植后应注意蚜虫和病害的为害，可喷吡虫啉、多菌灵、75%百菌清可湿性粉剂800倍液等。在生育期内若底肥充足，土壤保水强，就无需施肥，否则就在辣椒结果高峰期每公顷追施10～15kg尿素；后期进行叶面喷施尿素或KH_2PO_4。

4. 效益分析　以上大蒜与辣椒间作模式，实现了大蒜和辣椒的优质高产高效栽培，亩收益达5 000元左右。

（四）大蒜与荠菜间作

荠菜是人们经常食用的一种蔬菜。因其嫩叶清香、鲜美、营养丰富，无农药污染，故在市场上十分走俏，开发前景广阔。王诗白（1996）经连续试验，探索出一套大蒜与荠菜间作栽培新技术，具体如下。

1. 规格模式　荠菜植株矮小，分布于蒜株底层空间，可有效地获取蒜株间散射光，提高群体光能利用率。

2. 技术要点

（1）选用高产良种　大蒜宜选用早熟、优质、高产、抗病的二水早、三月黄等品种。

播前再选色白、肥大、无损伤的蒜瓣作种。荠菜大多为秋冬栽培，故须选用耐寒性强、叶片肥大、叶缘缺刻浅的板叶荠菜，即大叶荠菜。

（2）适期精细播种　长江流域通常于9月中下旬播种。播种前的整地、施肥要求同一般栽培。多采用畦栽，畦宽3m。整细搂平后开播种沟，顺向摆蒜种，行距20cm，株距8～9cm，每亩种植4万株左右。播种后上细土或灰杂肥1～2cm厚。荠菜于大蒜播后均匀撒播，每亩用种0.8kg。为延长其采收期，亦可分批播种。因荠菜种子细小，播时可拌过筛干细土，播后稍加镇压。若播种时遇旱，还须提前人工浇水造墒，播后进行除草，出苗后浇水保湿，促进幼苗生长。

（3）加强肥水管理　大蒜生长期间的水肥管理基本与一般生产相同。荠菜因其生长期短，加之播种密度大、根系分布浅，故生长期间须保持肥水充足。追肥以稀水粪为主，且须轻浇勤浇。当幼苗有4～5叶时，每亩用优质腐熟粪肥800kg加水浇施；采收前7～10d再浇1次稀水粪；此后每采收1次须浇施1次稀水粪，且可因苗加施适量速效N肥；至春节前1个月再追1次优质腐熟粪肥，以加速植株生长，增加节日供应。

（4）分批采收应市收

① 大蒜　5月底至6月初当叶鞘焦黄色、假茎松软时，即可抢晴天采刨蒜头。

② 荠菜　通常于播后50d左右即可分批采收。晚秋播的因其营养生长期长，可1次播种、多次采收，延续供应至3月上旬。采收时，应选用锋利斜角刀挑挖，且须坚持细采勤收、均匀间收，并尽量采大留小，以利增产增收。5月上旬当蒜尾出叶鞘10cm并开始弯曲时，即可选择晴天（午后）采收。

3. 效益分析　每亩生产蒜薹560kg，蒜头800kg，荠菜1 800kg，经济效益与社会效益极为显著。

（五）大蒜与马铃薯间作

刘晓云（2011）试验总结出纯旱地大蒜间作马铃薯模式，取得了显著的经济效益。具体做法如下。

1. 规格模式及技术要点

（1）品种选择　大蒜可选用甘肃成县红皮大蒜或陕西兴平改良大蒜等中熟优良品种；马铃薯宜选用费乌瑞它、夏波蒂、大西洋、陇薯3号等良种。

（2）整地施肥　生产中，因地制宜选择土层深厚、土壤肥沃、地势平坦的川台地或梯田地作栽培地。前茬以豆类、小麦为好，土壤要整平整细。结合整地，每亩施充分腐熟的农家肥5 000kg以上、尿素20～25kg、P肥50kg。同时，每亩用50%辛硫磷1kg，加适量水后喷雾处理土壤，预防地下虫害发生。

（3）大蒜播种覆膜　通过2年的试验示范，北方旱作区秋播大蒜适宜播种期为9月20日至10月10日，春播大蒜适宜播种期为2月25日至3月10日。要求起垄、播种、覆膜依次紧密衔接完成。

① 播前准备：播前10d，挑选蒜头剥离蒜瓣，先晾晒2～3d，然后选无霉变、无病虫害的蒜瓣，按大小分级，再分类播种，以便管理。

② 起垄　按大垄宽70cm、小垄宽40cm起垄。先在地边留35cm宽的空地，用小行距

40cm、大行距70cm的划行器划行，然后用步犁沿小行距线向小垄底中间培起宽约40cm、脊高15～20cm的小垄；再沿大行距线将大垄垄底两边的土刮至大垄底，中间形成宽70cm、脊高5～10cm的大垄。大小垄合计宽约110cm。

③ 播种　在大小垄沟内按株距6～8cm、深3～5cm点播大蒜，一般每亩栽种1.6万～1.7万株，需干蒜头120～150kg。

④ 覆膜　每次起一大垄和一小垄，然后在垄沟内播种2行大蒜，再用120cm宽、0.008～0.01mm厚的农用地膜覆盖，将大垄上相邻的两幅膜对接，衔接处用土压实，并每隔2～3m压1条土腰带，以防大风揭膜，要求膜面紧、平、滑，无皱褶，同时在沟内撒1cm左右厚的细土，压紧地膜，以便大蒜出苗。播种后10～15d，及时检查出苗情况，对没有自行顶破膜出苗的，要及时人工放苗。秋播大蒜在严寒来临时通常会长出3～4个叶片，即可安全越冬。越冬期间保护好地膜，防止牲畜踩踏和啃食幼苗。

（4）适时点播马铃薯　5月上旬开始点播马铃薯。播前15d左右从窖中取出种薯，严格挑选，剔除病烂薯，放在阳光下晒种催芽，待薯芽萌动变绿后切块，每个种块不小于30g，种块上要求有2个芽眼。用草木灰拌种，待24h后即可播种。播种时，在大垄上按行距50cm、株距40cm呈"丁"字形破膜挖穴点播。

（5）田间管理

① 大蒜　秋播大蒜翌年3月上旬（春播大蒜于4月上旬）在大蒜退母期叶面喷施1%尿素和0.5% KH_2PO_4 混合液，以后每20d喷施1次，直至采薹结束。当蒜薹超过顶叶8～10cm时及时采收。一般旱地抽薹率不高，而且参差不齐，要分批采收干净，以利鳞茎膨大。采薹后20d左右，即可收获鲜蒜。一般在6月中下旬，大蒜茎秆及叶片发黄瘫软时开始收获。收获的大蒜鳞茎剪掉茎秆即可上市销售，留种的晾晒2～3d后，按每30～50头编成辫，挂在通风处阴干。

② 马铃薯　马铃薯播种15d后，及时观察苗情，保证做到苗齐、苗全、苗壮，拔除田间杂草。大蒜收获后，及时清除所有地膜，并将小垄的土翻拍至大垄，进行露地栽培管理。马铃薯现蕾期，在株间打孔追肥，每亩追施尿素15kg。9月上旬早熟品种即可采收，至9月中下旬可收获中晚熟品种。

（6）防治病虫草害　从4月下旬开始，用农药乳油1 000～1 500倍液防治大蒜斑潜蝇和蓟马。膜下杂草可用细长铲人工铲除。马铃薯病害主要是晚疫病。发病时可选用50%代森锰锌可湿性粉剂500倍液、58%宝大森可湿性粉剂800～1 000倍液喷雾防治，间隔7～10d喷1次，连喷3次。同时，选用1.8%阿维菌素乳油3 000倍液、10%吡虫啉可湿性粉剂1 500倍液喷雾防治蚜虫。

2. 效益分析　大蒜埂套种的马铃薯，与大蒜同期收获，在不影响大蒜产量和下茬作物安排的情况下，每亩可产鲜蒜头1 100～1 400kg、马铃薯1 800～2 500kg，效益7 000元。

（六）大蒜与生姜间作。

间作设置畦宽1m，东西向，大蒜宽窄行播4行，宽行30cm，窄行20cm，每亩栽3万～3.5万株。翌年4月下旬在宽行中种姜，行距50cm。每亩栽8 800～9 500株。优点是

生姜苗期忌强光，大蒜可予遮阳，当生姜需阳光时，大蒜已收获，没有不利影响。

三、其他

（一）芋头与马铃薯间作

1. 规格模式及技术要点

（1）种植地选择与整地施肥　应选排灌方便、土层深厚、土质疏松、前作未种马铃薯和茄科作物的沙质壤土种植。整地要细、匀、松，整成畦带沟宽 150cm，芋的行距 80cm、株距 60cm，并在两芋行中间种 1 行马铃薯，株距 60cm。每亩施腐熟有机肥 1 000 kg，钙镁磷肥 100kg、K_2SO_4 复合肥 50kg 作基肥，注意肥料与土壤充分混合。

（2）选用良种与适时播种　马铃薯选用高产、抗病、质好味佳、表皮柔嫩、无病虫害、色泽新鲜光滑的种薯作种，如克新、大西洋等脱毒马铃薯。芋头选用顶芽充实完整、大小一致（芋种大小以重 20～25g 为宜）的子芋作种。根据本地气候资源，在“大雪”节气前后同时播种，马铃薯在播种前于 15～20℃下催芽，可采用一层沙一层薯，相对湿度 60%～70%，盖膜催芽，芽萌动即可进行种植。种薯宜倒放，芽眼朝下，以利早生根、早出苗。播种后每亩用 500kg 干牛粪或草木灰盖种，并用丁草胺 200g 加水进行化学除草。然后盖上地膜，地膜要盖严盖实，以达到保温、保湿、保肥、防杂草、防板结的效果。

（3）田间管理。

① 追肥　芋头生长期长，需肥量大、耐肥力强，除施足基肥外，必须进行多次追肥；二叶期，施苗肥 1 次，每亩用 NH_4HCO_3 10kg 加水 800kg 浇施，也可用人粪尿 1 000kg 浇施；六叶期，每亩穴施三元复合肥 10kg；5 月下旬至 6 月上旬，结合中耕培土每亩穴施三元复合肥 35kg，以促进子芋迅速膨大。马铃薯施肥应掌握“攻头、保中、控尾”的原则，在施足基肥的基础上，苗期每亩用 NH_4HCO_3 25kg、过磷酸钙 50kg 加水 1 500kg 浇施，结薯期用三元复合肥 15kg 加尿素 5kg，拌匀后直接施于植株周围，切忌直接接触植株基部，防止伤苗。

② 水分管理　芋头和马铃薯属喜湿怕旱又怕渍的作物。前期应保持土壤湿润，在块茎膨大期应保持充足水分，若遇干旱，要及时灌水，雨后要注意清沟排渍，以防烂薯、烂芋。采收前应控制土壤水分，便于采收和贮运。

③ 巧施多效硅。对植株生长较旺的田块，可在现蕾期喷施 1 次 100～150mg/L 的多效硅，以抑制地上部徒长，促进地下部生长，抗倒伏，但对生长较差的田块切忌喷施多效硅。

④ 摘蕾和压蘖　马铃薯开花结实会消耗养分，影响块茎膨大，故在花蕾形成花序抽出前及时摘蕾，以促进块茎生长。在芋头萌蘖期，应将子蘖折弯（注意不可折断），用土盖严，以促进子芋生长和提早成熟。

⑤ 适时收获　马铃薯宜在“清明”前后收获。收获前 7～10d 要割去地上部茎叶，使块茎在土中后熟，表皮老化芋头宜在“大暑”前后收获，以确保后茬作物生长。

⑥ 病虫害防治　马铃薯主要病虫害有青枯病、晚疫病、地老虎、蚜虫、二十八星瓢虫等。芋头主要病虫害有疫病、软腐病、斜纹夜蛾、蚜虫等。故应在病虫害发生初期喷药

防治，药剂可选用甲霜灵、农用链霉素、辛硫磷、百虫光等农药。同时应注意农药的交替使用，以免产生抗药性。

2. 效益分析 马铃薯每亩产量442.3kg，产值398.1元，芋头每亩产量2 467.8kg，产值2 961.4元，两者合计每亩产值3 359.5元，取得了较好的经济效益和社会效益。

（二）辣椒与洋葱间作

1. 规格和模式 洋葱植株低矮，管叶直立，适于和其他蔬菜间作套种。辣椒茎直立，腋芽萌发力较弱，株冠较小，也适于间作套种。春季整平地块，开短沟，沟长8～15m，沟上口宽30cm，沟心距120cm。采用小沟浅灌。垄作，垄高25cm，垄宽90cm。铺膜，膜宽1.4m，沿沟铺膜，膜下灌水。覆膜后墒足即可播种。辣椒播种时间为4月上中旬，白皮洋葱为4月15～25日。辣椒实行人工膜上点播，株距20～25cm，每穴点3～4粒，播深3～4cm，播量400～500g/亩。垄面行间播入洋葱，露地条播，辣椒行与洋葱行之间的距离为35cm，使辣椒与洋葱呈带状种植，以利通风透光及收获。

2. 技术要点

（1）选地 选择土壤肥沃、疏松、保水保肥、排水良好的地块。辣椒实行3～5年轮作，不得种茄果类蔬菜、茄科作物、西甜瓜。洋葱忌重茬，其地块前茬也不能是洋葱。

（2）施足基肥，秋翻冬灌 每亩施基肥4 000～5 000kg腐熟有机肥，均匀撒到地里，机械深翻20cm，灌足冬水。

（3）品种选择 色素椒选择干羊角椒，生育期150d，株高60～80cm。洋葱选择生育期为130d，株高45cm的白皮洋葱。在播前选择粒大、饱满的种子，晒种2～3d。

（4）及时放苗 辣椒苗出土后，要及时放苗，催芽补种。在幼苗2～3片真叶时间苗。在5～6片真叶时定苗，每穴一株。洋葱在4月中下旬定苗，株距15cm。

（5）中耕除草 现行至头水前中耕2～3次，人工除净杂草。

（6）追肥灌水 辣椒喜水喜肥，在高温时易得病，水淹则易死秧，肥多又会烧根。管理中掌握勤中耕、早追肥、轻浇水、小蹲苗的原则。通常在缓苗水浇后蹲苗10d。待辣椒有樱桃大，叶色浓绿时开始灌水。盛果期要保持地面湿润，大约每周灌水一次。洋葱叶片进入旺盛生长期及时浇水，葱头膨大时需水最多，这与辣椒需水时间、需水量基本一致。每亩可追施复合肥加尿素60kg。辣椒栽培要求采收成熟果实，除N肥外，应重视P肥的施用。同时，避免在果实开始转红后追N肥过多，以致植株贪青而减产。

（7）药剂防治，以防为主 在辣椒发病初期用40%乙膦铝300倍液或25%瑞毒霉800倍液灌根，或用上述药剂500～800倍液进行植株喷洒，对预防病害有一定作用。此外，还应认真防治地老虎等地下虫害，防治病菌从伤口侵入。同时，注意洋葱病虫害的防治。

（8）适时采收 9月中旬停水。辣椒的红果最好能分次采收，以促进后期果实发育。10月中旬最后采收时，连根拔起植株，就地晒2～3d。将植株集中到晒场上翻晒，待果实充分晒干后，摘取干椒。9月底至10月初，当洋葱植株有半数以上假茎松软，地上部倒伏，下部1～2片叶枯黄，3～4片叶沿带绿色，鳞茎外层鳞片变干时就可收获。收获要求适时，早收减产，迟收遇雨鳞茎外皮破裂，不耐贮藏。收获在晴天进行，收获后就地晾晒

2～3d（只晒叶不晒头），促其后熟，使表皮干燥后贮藏。

3. 效益分析 以上辣椒与洋葱间作模式，实现了辣椒、洋葱的优质高产高效栽培。洋葱于10月初小拱棚育苗，12月下旬至翌年1月上旬定植，5月收获，亩产5 000kg，产值1 500～2 000元。辣椒于3月中旬直播于洋葱行间，6月开始收青辣椒，亩产3 000kg，产值3 000～4 000元。亩产值达到4 500～6 000元。

（三）辣椒与菜用豆间作

以中国东北地区大棚辣椒套种菜豆为例。

在东北地区，辣椒一直是大面积的露地生产，大棚单一种植辣椒，由于经济效益不如黄瓜、番茄和菜豆，所以难以推广。但是由于近年气候条件的改变，露地生产辣椒病虫害相当严重，已经很难获得高产高效。辣椒的大棚生产势在必行。采用大棚辣椒套种菜豆混作栽培技术，既不影响辣椒的产量和经济效益，同时，又能充分利用大棚的空间，获取一定的间作菜豆的经济效益。使大面积推广大棚辣椒生产，调整大棚种植结构成为可能。

1. 品种选择

① 辣椒品种 选择抗病性强，品质好，早熟品种，如哈椒1号、中椒7号、哈椒6号等品种。

② 菜豆品种 选择蔓生、高产、抗病品种，如大将军油豆、子花油豆、大马掌油豆等品种。

2. 播种育苗

（1）辣椒播种育苗 辣椒1月下旬播种，2月中旬移苗，苗龄85～90d。

① 苗期温度管理 白天温度控制在25～28℃，夜间15～17℃。定植前10d适当降低温度锻炼秧苗。

② 苗期水分管理 幼苗生长前期需水较多，通风降温后适当少浇水，适时通风，湿度见干见湿即可。

③ 定植 4月中下旬，苗龄85～90d时选择晴朗天气定植。

（2）菜豆播种育苗 菜豆于3月下旬播种，苗龄30d左右。

① 播前种子处理 种子用1%福尔马林浸种20min后，用清洗净晾干，杀死种子表面炭疽病菌。种子催芽：播种前2～3d，用温水浸种3～4h，种子充分吸水膨胀后放在30℃下催芽24h，当胚根突破种皮时即可播种。

② 播种 菜豆一般采用营养钵小棚育苗，播前将营养钵打透底水，每个钵点3粒催芽种子，覆上1.5cm厚过筛细土后，扣上小拱棚保温。

③ 苗期管理 播后3～4d开始出苗，白天温度控制在20～25℃，夜间15～16℃。当出苗一片真叶时，要适当提高温度，有利于花芽分化和根叶生长。定植前10d要逐渐锻炼秧苗，白天温度控制在18～20℃，夜间12～15℃，并注意控制水分管理，当幼苗长出2～3片真叶时，是定植最佳期。

3. 大棚整地 3月中旬提早扣棚烤地，促使地早化冻。当地温稳定12℃时翻地，结合整地施腐熟有机肥150t/hm^2，并加入300kg/hm^{2}磷酸二铵混合撒施，翻入20～30cm土

层中，起60cm小垄准备定植。

4. 田间管理

（1）辣椒定植、管理　正常情况下辣椒4月下旬定植。株行距60cm×30cm，保苗45 000株/hm^2。

①定植时管理　定植后要浇透缓苗水，一般10d内不需再浇水。当棚外温度低于0℃时，晚上要用地膜作为小棚进行两层覆盖，有利防冻害缓苗。

②开花结果期管理　进入开花结果期每隔5～7d浇一次水，每次半垄沟，保持土壤见湿见干，进入一二层果膨大期，要追施一次尿素（150kg/hm^2），追肥立即浇水。

③适时采收，增加效益　门果要及时采收，既有利于二层果膨大，又促使早上市增加效益。

（2）荚豆定植、管理　正常情况下，荚豆幼苗长出2～3片真叶时，是最佳定植期。

①定植株距　一般每隔6株辣椒定植一穴菜豆，种菜豆6 000～7 500穴/hm^2。

②定植后管理　一般定植同辣椒。

③特殊管理　为促进菜豆早熟，提高早期产量，可适当喷施0.01%～0.03% NH_4NO_3。当棚内温度超过30℃，湿度超过75%时，要及时通风，否则造成落花、落果。

5. 病虫害防治

（1）虫害防治　蚜虫可用50%避蚜雾可湿性粉剂2 000～3 000倍液或20%速灭杀丁乳油2 000～3 000倍液喷杀。红蜘蛛可采用73%的克螨特1 500倍液或25%杀螨猛1 000～1 500倍液，7～10d喷1次，连续2～3次。

（2）主要病害防治

①辣椒病害防治

A. 辣椒疫病　发病初期喷25%甲霜灵可湿性粉剂600倍液，或40%瑞毒霉可湿性粉剂500倍液，或40%百菌清可湿性粉剂800倍液，每隔6～7d喷1次。

B. 辣椒软腐病　发现病害立即用72%农用链霉素可湿性粉剂4 000倍液或新植霉素4 000倍液喷施。

C. 辣椒灰霉病　发病初期喷50%速克灵可湿性粉剂1 500～2 000倍液或50%扑还因可湿性粉剂1 000倍液，或多菌灵可湿性粉剂500倍喷施。

②菜豆病害防治　开花结荚期用2 000～3 000倍液粉锈宁防锈病，用600倍液75%百菌清可湿性粉剂防灰霉病、炭疽病，用500倍液DTM杀菌剂防豆角疫病。

（四）豇豆与茄子间作

1. 规格和模式　郑华（2002）进行茄子套种豇豆的高效栽培模式的探讨，在同一面积的土地上，该栽培模式比普通栽培模式每公顷产值增加了10.4%，经济效益可观，值得推广应用。具体做法如下。

2. 技术要点

（1）茄子栽培技术

①品种选择　宜选用高产、优质、早熟的杭茄1号、改良杭茄1号等杂交种。

②适时播种，育壮苗　应选择土地肥沃疏松，3年来未种过茄科作物的田块。茄子

应在9月上旬播种，每公顷大田播种量为300g，播后覆盖地膜；10月中旬用装肥土的塑料袋假植，每袋内营养土折合每公顷用P肥945kg、栏肥108万kg、过磷酸钙135kg拌泥，平均装1 800～2 000袋，每袋中央栽苗1株，并用小拱棚保温、防冻；12月上旬定植；2月初开始采收，一直可陆续采收到6月下旬。

③ 深沟高畦，合理密植　在宽6m、长30m的塑料大棚内整地，做4畦，每畦宽1.2m，沟宽0.25～0.3m，沟深0.3m。用地膜覆盖畦面，在地膜上挖洞定植。株行距为（40～50）cm×（60～70）cm，每畦栽2行，每公顷栽2.7万～3万株。定植后压紧穴口四周地膜。

④ 肥水管理　基肥要施足，并以农家肥为主。苗床应该用敌克松消毒，每平方米用75%敌克松可溶性粉剂10g加20倍细土，均匀撒于苗床。然后施腐熟的栏肥、人粪尿及磷肥750kg/hm^{2}后翻耕，平整地，1d后撒播种子，上盖一层0.5cm厚的焦泥灰，再覆盖地膜。每公顷大田施腐熟栏肥4.5万kg、P肥675kg、过磷酸钙675kg、三元复合肥81kg、尿素675kg加人粪尿，在畦中央开沟深施。由于基肥用量较多，所以追肥可以不要或用尿素追施2次就可。开好深沟，以防积水。同时，由于冬季天气晴燥，应根据大棚内表土发白程度，结合追肥，进行浇水。

⑤ 及时通风换气　要根据天气变化，及时通风换气。晴天温度高时，及时揭膜通风降温，防止烧苗、徒长及病虫害；低温时，要及时盖好塑料薄膜防冻，防止败苗、僵苗。4月中下旬揭掉大棚四周塑料薄膜围裙，仅留顶膜。从3月初至4月中旬，遇到晴天或阴晴交替的天气时，大棚内外温差大，要推迟到9：30时后揭膜，让棚内保住日间阳光照射时蓄积的热量，以利茄子生长。相反，如遇到连续阴天或阴雨交替天气时，棚内外温差小，应适当提前到8：00时左右揭膜，下午也应适当延迟个把小时关膜，以增长大棚内外气体对流时间，有助于茄株生长。

⑥ 应用激素保花、保果　从茄子初花期开始，一般要用2，4-D水剂点花，方法是每毫升加水0.3～0.6kg，点花10～12次，可明显提高茄子坐果率，并加速果实膨大。自3月上中旬至5月中下旬，配合田间管理，随时除去植株基部过多分枝和病、残、老叶片，以增强大棚内气体的流通，减轻病虫的为害。

⑦ 综合防治病虫害　以防为主，及时防治。结合农事操作，及时检查病虫发生动态，掌握发病中心，选用高效、低毒、低残留农药，在晴天稀释喷雾。一般在10：00时前，15：00时后喷药较为适宜。茄子主要有猝倒病、立枯病、绵疫病、灰霉病和褐纹病等病害；有红蜘蛛、蓟马等害虫。一般用60%杀毒矾可湿性粉剂500～600倍液防治猝倒病；用75%百菌清可湿性粉剂600倍液防治立枯病、绵疫病、褐纹病；用万霉灵1 000倍液、25%速克灵可湿性粉剂1 000倍液、28%灰霉尽可湿性粉剂1 000～1 200倍液或扑海因1 500倍液防灰霉病；用28%灰霉尽可湿性粉剂1 000～1 200倍液防治褐斑病、菌核病；用78%科博可湿性粉剂500倍液防治早疫病；用50g黄叶敌加水50～80kg防治黄叶病。用40%农药乳油1 000倍液防治红蜘蛛；用0.8%7051乳油（灭虫灵）1 000倍液防治蓟马。注意防治红蜘蛛时，要小心别伤到豇豆植株。同时，注意保持田园清洁，及时清除残株病叶和杂草。

⑧ 适时采收　采收要掌握宁早勿迟、宁嫩勿老的原则。一般在开花后25～30d，当茄

子的茄眼不明显，果实呈该品种应有的光泽，手握柔软有黏着感时采收。采收后在24h内上市销售。

（2）豇豆栽培技术

① 品种选择　选择早熟、丰产、稳产、抗病的品种，如杨豇40、金韩种子高产4~8号豆角、正豇999等。

② 种子处理　豇豆播前为了杀死附在种皮上的虫卵、病菌，可采用高温烫种，即将种子精选，放在盆中用90℃左右热水将种子迅速烫一下，随即加入冷水降温，保持水温25~30℃并浸种4~6h，种子捞出稍晾后播种。由于豇豆的胚根对温度、湿度变化比较敏感，为避免幼根受伤，一般播前不行催芽。豇豆一般直播，于茄子定植时播种到畦中央，株距为80~100cm，每4株茄子播1穴豇豆，每穴播3颗豇豆种子。出苗后在地膜上挖孔，让幼苗自由生长。

③ 植株调整　豇豆枝蔓抽生很快，当植株长至5~6片叶时要及时搭架引蔓上架，切勿折断茎部，否则侧蔓丛生，上部枝蔓少，下部通风不良，落花落荚严重而影响产量。引蔓宜在晴天中午或下午进行，雨后或早晨茎叶组织含水量高，脆而易断。

④ 整枝方法

A. 抹芽子　第一花序以下的侧枝，应彻底抹去，以保证主蔓粗壮。

B. 打腰杈　主蔓第一花序以上各节位上的侧枝都应在早期留2~3叶摘心，促进侧枝上形成第一花序。第一盛果期后在距植株顶部60~100cm处的原开花节位上，还会再生侧枝，也应摘心保留侧花序。

C. 摘心　主蔓长15~20节时摘心，促进下部侧枝花芽形成。

⑤ 病虫害防治　豇豆主要病害有根腐病、枯萎病、锈病、煤霉病、白粉病、病毒病、炭疽病、细菌性疫病、疫病等；虫害有豆螟、豇豆荚螟、豆野螟、潜叶蝇、蚜虫、红蜘蛛等。一般选用70%甲基托布津800倍液、或50%扑海因1 000~2 000倍液防治根腐病；用40%杜邦福星6 000倍液、或者25%粉锈宁（三唑酮）35~60g液防治锈病；用70%甲基托布津1 000~2 000倍液防治煤霉病、炭疽病；用农用链霉素3 000~4 000倍液防治细菌性疫病；用75%克露500~800倍液防治疫病；用病毒A500倍液防治病毒病，用62%~25%仙生可湿性粉剂600倍液防治白粉病。用0.36%苦参碱1 000倍液、10%吡虫啉（一遍净）10~20g液防治蚜虫，以叶背喷施为主；用75%潜克（灭蝇胺）5 000倍液防治潜叶蝇，以叶背喷施为主；用5%锐劲特1 000倍液防治豆螟、豇豆荚螟，在现蕾期开始喷药，及时清除落花落荚；用阿维菌素（1%灭虫灵）3 000倍液、75%灭蝇胺（潜克）600倍液、10%吡虫啉（一遍净）10~20g防治红蜘蛛，以叶背喷施为主。

⑥ 及时采收　一般在4月底开始采收。采收要仔细，严防损伤花序上的其他花蕾，更不能连花柄一起摘下，要保护好花序，使之继续开花结荚。一般豇豆从播种至采收需60~80d。当荚条粗细均匀，荚面豆粒处不鼓起，即达商品采收适期。第一个荚果宜早收，采收过晚，荚肉变松，色变白，炒食风味降低，同时也影响下茬嫩荚生长。一般盛荚期每天应采收1次，后期可隔天采收，以傍晚采收为宜。

3. 效益分析　在同一面积的土地上，该栽培模式比普通栽培模式每公顷产值增加1.01万元，从而充分利用当地的光热资源，在有限的土地上，提高复种指数及经济效益。

（五）叶菜类与根菜类间作

张福兴（2012）根据内蒙古满洲里地区气候条件，通过科学试验，摸索出一套洋葱间作早甘蓝—青萝卜的高产高效栽培技术，亩露地种植3个蔬菜品种，采用间作、两茬等措施获得高产高效。具体做法如下。

1. 规格模式 每亩做60个长10m、宽1m的畦，一半栽洋葱，一半栽早甘蓝，两种蔬菜都在5月中旬定植（一畦洋葱、一畦早甘蓝，间隔种植）。

2. 洋葱栽培

（1）育苗 选用齐齐哈尔市富拉尔基区培育的“铁皮八号”品种（黄皮苹果洋葱）。3月中旬在温室内40m^{2}苗床上按亩栽大田的比例进行育苗，播种过密影响通风透光，对幼苗生长不利，过稀则浪费土地资源。播种前用辛硫磷1 000倍液喷洒土壤防治地蛆；出苗后30d用1% KH_2PO_4或0.3%尿素进行叶面喷施；定植前7～8d炼苗，温室逐渐加大放风。苗期温度白天控制在25℃左右，夜间12～15℃。

（2）定植 定植前耕翻土地，亩施有机肥（羊粪、鸡粪等）3 000～4 000kg、N、P、K复合肥50kg，然后做畦、整平，亩喷施除草剂施田普200ml，再铺地膜。5月中旬定植，每畦栽8行，株距15cm，大小苗分开，栽植深度要适宜，以埋住苗基部10cm并留心为宜。栽后灌水，水渗透后查苗补苗，保证苗全苗齐。

（3）田间管理

① 适时浇水 定植7～10d缓苗后，及时浇第二次水，地面保持见干见湿，以利鳞茎膨大。收获前15d停止浇水，便于收获后产品的贮存。

② 追肥 鳞茎膨大前期，亩追施尿素16kg；鳞茎膨大盛期，亩追施磷酸二铵20kg、K_2SO_4 20kg。生长期一般追肥2～3次，N、P、K结合施用，收获前30d停止追肥。

③ 病虫害防治 定植后30d可灌1次辛硫磷1 000倍液，防治地下害虫（地蛆等）。再过20d，上部叶片喷施50%辛硫磷1 500倍液防治葱蝇。洋葱紫斑病、霜霉病可用75%百菌清800倍液或64%杀毒矾600倍液喷雾防治，每隔7d喷1次，连喷2～3次即可。黄矮病可用病毒A400倍液喷雾防治。收获前15d停止使用农药。

④ 收获 进入9月中旬，当2/3以上的植株假茎松软，地上部倒伏，叶片由下至上逐渐开始变黄色，鳞茎外层鳞片变干时，即可收获。就地晾晒2～3d，促其后熟，并使表皮干燥，更耐贮藏。

3. 早甘蓝栽培

（1）育苗 选用韩国进口“绿球甘蓝”品种。3月中旬在温室播种育苗，出苗后30d分苗，苗龄60d。当幼苗长到5～6片叶时，于5月中旬开始定植。

（2）定植 定植前亩施腐熟羊粪3 000～4 000kg、磷酸二铵20kg，深翻25cm，做畦，铺地膜。每畦定植2行，行距70cm，株距40cm，然后浇水。

（3）田间管理

① 水肥管理 除浇定植水外，栽后5～6d再浇1次缓苗水，以后视天气情况浇水，保持畦面见干见湿。5月末结球期开始追肥，亩施尿素16kg，隔7d后叶面再喷施1% $KH_2PO_4$1次。

② 中耕除草　缓苗后结合蹲苗及时中耕除草，畦两边沟内除草 1 ~ 2 次，以提高土壤温度和保墒。

③ 病虫害防治　早甘蓝生育期内主要以防治小菜蛾为主，于 5 月下旬开始用 1.8% 阿维菌素乳油5 000倍液喷雾防治 1 ~ 2 次。

④ 收获　6 月下旬植株长到 1.5 ~ 2kg 时，根据市场行情，随时采收上市。

4. 青萝卜栽培

(1) 播种　早甘蓝收获后，重新整地平畦，亩施腐熟羊粪2 000kg。选用“直筒大青萝卜”品种，于 7 月中旬开始播种，每畦种 3 行，株行距 30cm × 30cm，播种深度在1.5 ~ 2cm，不宜过深。播种时间不能超过 7 月 15 日，否则过晚影响产量。

(2) 田间管理　播后浇水，出苗后畦内保持见干见湿。以防治虫害为主，地上部害虫用阿虫螨丁2 000 ~ 3 000倍液喷雾防治，每 7 ~ 10d 喷 1 次，连喷 2 ~ 3 次；地下害虫用敌百虫1 000倍液或辛硫磷1 000倍液灌根；蚜虫用药液喷雾防治，15d 左右喷 1 次，连喷 2 次。9 月底即可采收产品上市。

5. 效益分析　早甘蓝 6 月下旬上市，每亩产量2 000kg，产值2 000元；早甘蓝收获后，7 月中旬种青萝卜，每亩产量2 500kg，产值2 500元；洋葱 9 月中旬上市，每亩产量2 000kg，产值2 000元。种植 3 个蔬菜品种，每亩共收入 6 500元，除去成本，纯收入 3 500元。

（六）马铃薯与甘蓝间作

1. 规格和模式　崔杏春（2007）早春采用拱棚种植马铃薯套种甘蓝，可以充分利用土地和拱棚保护设施，提高土地利用率和设施利用率，使马铃薯、甘蓝都可提早上市，提高经济效益，增加单位效益，提高农业收入。

2. 技术要点

(1) 品种选择　马铃薯选用早熟脱毒良种，是高产高效的基础和保证。脱毒种薯出苗早，生长健壮，叶肥浓绿，根系发达，抗逆性强，比未脱毒的种薯增产 30% 以上。品种可选用郑薯五号、郑薯六号、费乌瑞它、中薯三号等，既早熟又高产。甘蓝可选用早熟、抗寒性强的品种 8398、中甘 11、北农早生、报春、迎春、鸡心甘蓝、牛心甘蓝等。

(2) 种植规格　每个拱棚内种植 3 行马铃薯，6 行甘蓝。带宽 70cm，垄沟式种植，垄高 15 ~ 18cm，垄背宽 20cm，垄沟宽 60cm。垄上种 1 行马铃薯，株距 22cm，栽苗 3.3 万株/hm^2 左右；垄沟内栽 2 行春甘蓝，行距 40cm，株距 33cm，栽苗 4.35 万株/hm^2。

(3) 拱棚准备　用 4m 长细竹竿、梢搭梢扎紧，搭成拱高 1.3m、拱间距 0.5m、棚宽 3.6m 的拱棚，棚间距 0.5m，棚顶用一根竹板固定，用 5m 宽的农膜覆盖。

(4) 催芽、育苗　马铃薯用种量 825 ~ 900kg/hm^2，度过休眠期的种薯可直接切块催芽；未度过休眠期的种薯可用赤霉素浸种切块催芽，整薯浸种可用 5 ~ 10mg/kg 的灰霉素溶液，切块浸种可用 0.5 ~ 1mg/kg 的赤霉素溶液，浸种时间 5 ~ 10min。每千克种薯切 40 ~ 50 块。如有病薯，切刀可用 75% 酒精消毒。催芽温度为 15 ~ 20℃，床土（细沙土）湿度以手握成团、落地即散为宜。催芽时间一般在播前 25 ~ 30d（郑州地区可在 12 月底到翌年 1 月初进行），一般在保温较好的室内或大棚、温室内催芽。注意保持温度、控制

湿度。待薯块芽长0.5～1cm时，将薯块扒出移到10～15℃室内或大棚内，在散射光下摊晾炼芽，使之成为紫绿色壮芽。甘蓝育苗设施最好采用温床，单坡面塑料大棚，阳畦，或日光温室空闲地，苗龄一般70～80d。按照当地的气候条件，确定定植时期，由定植时期推算出育苗适期。郑州地区一般12月下旬为播种最佳适期。播种过早，易春化造成先期抽薹，影响产量及品质，过晚达不到早熟、高产的目的。适龄的壮苗是丰产栽培的关键，壮苗的形态特征是6～8片真叶，叶丛紧凑，叶色浓绿，叶肥大，茎粗壮，大小整齐，根系发达。在幼苗管理上要“控前促后，控小不控大”。即幼苗5片真叶前要控，早间苗蹲苗，防徒长，叶面喷施微肥，加病毒A、多菌灵，预防病害和小老苗；注意放风、炼苗，小苗3片真叶就可分苗，苗距一般8cm×8cm或10cm×10cm；移栽时带土坨少伤根，有利于早缓苗。幼苗出土前白天保持20～25℃，夜间保持15℃，幼苗出土后及时放风控温，白天温度为18～23℃，夜间床温不低于10℃，减少低温影响，防止定植后先期抽薹。

（5）播种、定植

① 施足基肥　施优质土杂肥4.5万～7.5万kg/hm^2，K_2SO_4 375kg/hm^2，过磷酸钙600kg/hm^2，冬前深耕，翌春解冻后细耙两遍，整平土地备播。

② 种植规格　播种3行马铃薯，6行甘蓝，马铃薯行间定植2行甘蓝，行边种1行甘蓝。棚与棚间走道0.5m。

③ 播种时间　气温3℃以上，10cm地温0℃以上，2月上旬播种，选无大风、寒流的晴天播种，先播马铃薯，并当天扣棚提高地温，为甘蓝定植作准备。

④ 播种方法　在垄顶开沟种植，覆土前用10%辛硫磷粉粒剂30kg/hm^{2}撒入沟内防治地下害虫，覆土10～15cm。

（6）及时扣棚　当棚内10cm的地温稳定在5℃，气温稳定在8℃以上，2月底即可定植甘蓝。每棚种植6行甘蓝，行间距40cm，株距33cm，马铃薯行间种2行，行边种1行。马铃薯播后及时扣棚，用土将农膜四边压紧踏实，尽量做到棚面平整，棚两边每隔1.5m打一小木桩，用14号铁丝或塑料压膜线拴住两边木桩绷紧，以防风固棚。

（7）精细管理　拱棚马铃薯从播种到出苗30d左右，3月上旬可以出齐苗，3月初定植甘蓝，因此，在管理上要考虑到两者需要。

① 温度调节　3月中下旬，当气温达到20℃开棚通风，促进棚内气体交换，保证结球甘蓝光合作用所需要的CO_2。15时前后封口。4月上旬可酌情半揭膜或全揭膜，终霜期全揭膜。

② 光照调节　马铃薯、甘蓝是喜光作物，生长期间常用竹竿拍打棚膜，以利膜上水珠抖落透光，也可选用无滴膜。

③ 肥水管理　甘蓝定植后，需浇一次缓苗水，此时马铃薯苗子已基本出齐，也需要追肥浇水促进生长。可以结合浇水追尿素300kg/hm^2，供应马铃薯生长。定植后注意控水蹲苗以防苗期生长过旺，造成通过“春化”而发生未熟抽薹。在马铃薯团棵期、甘蓝莲座期，可结合浇水施尿素300kg/hm^2，促进茎叶生长，结球初期第二次追肥，施优质复合肥375kg/hm^2，或腐熟的人粪尿1.05万～1.2万kg/hm^2。此后，5～7d浇1次水。叶球生长盛期，第三次追肥，施尿素375kg/hm^2，促进叶球紧实。浇水要保持小水勤浇，薯块膨大期注意保持土壤湿润。同时，应注意降低棚内湿度，通风换气，防止病害发生。

（8）病虫害防治　马铃薯主要病虫害有晚疫病、蚜虫、蛴螬、地老虎等。晚疫病可用70%代森锰锌可湿性粉剂600倍液，或25%甲霜灵可湿性粉剂500～800倍稀释液，或58%甲霜灵锰锌可湿性粉剂800倍稀释液，喷施预防，每7d左右喷1次，交替使用。蚜虫防治同甘蓝。甘蓝主要病害有黑腐病、软腐病及霜霉病，其中，黑腐病、软腐病属细菌性病害。可于叶面喷77%可杀得可湿性粉剂600倍液，或60%百菌通可湿性粉剂600倍液，或72%农用链霉素可湿性粉剂4 000倍液。霜霉病应在甘蓝莲座期预防。叶面喷施72%绿露可湿性粉剂500倍液，或72%杜邦克露可湿性粉剂400倍液。甘蓝生长后期易受蚜虫的为害。可用25%扑虱蚜可湿性粉剂1 000～1 200倍液，或10%吡虫啉可湿性粉剂2 000倍液防治。

（9）适时收获　甘蓝叶球基本紧实后，及时采收。采收前5d不浇水，以免出现炸球现象，收获期在4月20日前后。拱棚马铃薯一般5月上旬即可收获上市。

3. 效益分析　此模式一般产马铃薯1.65万kg/hm^2、甘蓝2.25万kg/hm^2，效益可观。

第二节　蔬菜与瓜类间作

一、蔬菜与菜用瓜类间作

（一）大蒜与冬瓜、南瓜间套作

近年来，山东省兖州市漕河镇围绕种植结构调整，大力推广立体种植。在生产实践中，探索出大蒜、冬瓜、南瓜间作套种三种三收种植模式，并取得了良好的经济效益。

1. 规格模式及技术要点

（1）品种选择　大蒜选择抗寒性强、产量高的苍山白皮蒜；冬瓜选用白皮、大果型的粉皮冬瓜或大果型的青皮冬瓜；南瓜选用兖州地方品种——黄皮金钩南瓜。

（2）茬口安排　大蒜于9月下旬播种，翌年5月下旬收获；冬瓜、南瓜均于春分前后阳畦育苗，大蒜收获前10d按冬瓜、南瓜隔行定植。南瓜于7月上旬收获；冬瓜生长期较长，延长到8月底至9月初收获。

（3）栽培要点

①大蒜　9月下旬播种，行距20cm，株距10cm，每4行为一种植带，两个种植带间隔30cm。翌年套种冬瓜、南瓜。播种前结合整地，施足底肥，每亩施腐熟有机肥5 000kg，优质饼肥50kg，N、P、K复合肥30kg。采用沟播，即先按20cm行距开10cm深的播种沟，并撒施少量的尿素作种肥。大蒜播种时注意，使种瓣上齐下不齐，排种方向应使种瓣的背膜线与沟向平行。播种后及时喷施除草剂，每亩用90%蒜草封乳油110～125ml加水50～80kg均匀喷雾，喷后随即覆盖地膜。出苗后人工辅助破膜引苗。翌年3月底或4月初浇返青水，每亩追施尿素15～18kg，以后根据天气、土壤墒情及时浇水，并结合浇水亩施N、P、K复合肥10～15kg。采薹后应加强肥水，以延长叶片、根系寿命，促使蒜

头膨大，提薹后18d左右收获蒜头。

② 冬瓜　采用阳畦育苗，育苗前先将饱满的种子用0.1% ~0.2% $KMnO_4$ 溶液浸种30min消毒，冲洗干净后再用55 ~60℃热水温汤浸种，然后放在25 ~30℃环境下催芽，待芽长2mm时播种到阳畦内育苗。苗龄35 ~40d。苗期注意三控（控水、控温、控肥）培育壮苗。3 ~4片真叶时套栽于大蒜行间，每亩栽200 ~250株，定植后浇足底水，促进缓苗。5 ~6片真叶时施1次发棵肥，在畦的一侧或瓜苗旁开沟，每亩施腐熟饼肥50kg，施肥后及时浇水。瓜前留7 ~10片叶摘心，坐瓜前控制肥水，避免化瓜；坐瓜后每亩施腐熟人粪尿500kg，K_2SO_4 复合肥30kg。为延长冬瓜的贮存期，在瓜接近成熟时，要控制浇水次数。

③ 南瓜　和冬瓜同期阳畦育苗。种子先用55℃的温水温汤浸种，冷却至25 ~30℃时浸种2h，洗净捞出后放在25 ~30℃条件下催芽，芽长3 ~4mm时即可播种，播后覆土1.5 ~2cm。苗期控制肥水培育壮苗。苗子3叶1心时及时定植，定植后浇透水促进缓苗。采用单蔓整枝，即植株只留一条主蔓，侧蔓随长随抹；每株留瓜2 ~4个，最后一个瓜前留5 ~6片叶打顶。第一瓜坐住后，及时追肥浇水，每亩施腐熟饼肥100kg、K_2SO_4 复合肥35kg。南瓜耐旱能力较强，施肥浇水一般结合冬瓜管理。由于冬瓜对N肥敏感，进入结瓜盛期后应重施P、K肥。开花后40 ~45d即可采收老熟南瓜。

2. 效益分析　该模式每亩产大蒜2 000kg，冬瓜5 000kg，南瓜3 000kg，亩产值在6 000元以上。

（二）辣椒与黄瓜间作

1. 规格模式及技术要点　李惠清（1986）以黄瓜与辣椒间作，创造出高效间作模式。

（1）黄瓜与辣椒的定植　黄瓜和辽椒一号辣椒分别在定植前55 ~60d和80d播种育苗，定植时已有80%的植株现蕾。定植前6 ~7d整地施肥，亩施猪圈粪0.5万kg、过磷酸钙50kg，撒匀铺平。然后翻地一两次，深约25cm，打碎土块后做畦。畦宽1.1m，畦面上开两条栽植沟，沟与沟间距60cm，黄瓜沟深8 ~9cm，辣椒沟深6 ~7cm。3月中下旬，棚内10cm深土温稳定在10℃以上，夜间最低气温稳定在7℃以上时定植。定植时，在沟内撒施复合肥每亩15kg，然后顺沟灌水，顺水栽秧。黄瓜株距16 ~18cm，辽椒一号辣椒穴距18 ~20cm，每穴双株。定植后培土至苗沱上1 ~1.5cm。

（2）田间管理　7月上旬以前，以黄瓜管理为主，但也不要忽视辣椒管理；7月上旬以后，加强辣椒的肥水管理。

① 温度的管理　为了提高地温，定植后2 ~3d进行第一次松土，5 ~7d进行第二次松土，以后，根据情况再松土1 ~2次。定植3 ~6d棚温上升至25℃以上时，开始放风降温排湿。棚内温度保持20 ~28℃，最高不超过30℃。6月中旬以前放顶风为主，结合放侧风（底边风）；6月中旬以后以放侧风为主，结合放顶风。顶风口宽不超过30cm，否则，风口处植株被太阳直射，易发生病毒病和日灼病。9月中旬以后，气温下降，风口应逐渐缩小，保持棚温，促进后期生产结果。

② 肥水管理　定植缓苗阶段，保持土壤含水量25%左右。定植8 ~10d后，幼苗长出新根，生长点吐出幼叶，应及时浇缓苗水，顺水施大粪10 ~15担。定植20 ~25d，黄瓜

根瓜长 10～12cm，辣椒已开花坐果时，灌“壮秧促果”水，顺水施入人粪尿 10～15 担。黄瓜进入收获期，灌水量逐渐加大，每隔 3～4d 灌 1 次水，并顺水追肥。5 月上旬前以追施人粪尿为主，每次亩施 15～20 担。5 月中旬以后，以追化肥为主，每次每亩追 NH_4HCO_3 20～25kg，或复合肥 15～20kg。

7 月中旬黄瓜拔秧，集中肥水促使辣椒后期结果。亩施复合肥 25kg，顺水施 $NH_4HCO_3$20～25kg。8 月上旬顺水施尿素每亩 15～20kg，8 月中旬顺水施人粪尿每亩 30～50 担。9 月上旬顺水施 NH_4HCO_3 20～25kg，9 月中下旬顺水施人粪尿每亩 35～40 担。

2. 效益分析　在塑料大棚中采用辣椒间种黄瓜的栽培方法，每亩大棚产黄瓜 5 438 kg，收获辣椒 6 192kg，合计产值超过 1 万元。

二、蔬菜与果用瓜类间作

以蔬菜与西瓜间作为例。

（一）水萝卜间作西瓜套栽甘蓝

3 月下旬施肥整地做畦，畦宽 90cm，畦高 20cm，畦沟宽 40cm，覆盖地膜。4 月上旬在畦沟播种 2～3 行花叶萝卜，4 月中旬在畦的中部播种 1 行西瓜，株距 50cm。6 月上中旬花叶萝卜收获后，定植甘蓝。甘蓝在 4 月上旬育苗，苗龄 60d。西瓜 7 月上中旬收获，花叶萝卜 6 月上中旬收获，甘蓝 10 月中旬收获。

（二）晚甘蓝间作西瓜

4 月上旬施肥整地做畦，畦宽 130cm，畦高 20cm，畦沟宽 40cm，覆盖地膜。4 月中旬在畦的两边播种西瓜，行距 100cm，株距 60cm。晚甘蓝 4 月上旬育苗，6 月上中旬定植于畦沟 50cm，每沟 1 行。

第三节　蔬菜与菌类、中药材间作

一、蔬菜与菌类间作

（一）蔬菜与平菇间作

1. 条件　李兴泰（2011）研究认为，平菇与蔬菜间作是一种高产、高效的栽培模式。利用蔬菜的茎叶为平菇遮阳，蔬菜光合作用放出的 O_2 正好被平菇利用，平菇的呼吸作用及培养料的发酵过程产生的 CO_2 作为蔬菜光合作用的原料，形成互利共栖的良性生态循环。日光温室的蔬菜与平菇间作，蔬菜可选用黄瓜、菜豆、豇豆、芸豆、番茄等高秧作物。

2. 规格模式及技术要点

（1）选用平菇品种　温室栽培蔬菜宜在冬春季节，故平菇品种选择中低温类型。晚

秋和早春应以中温型和广温型品种为主，如西德 89、川杂 26 和川杂 20 等。严冬时节，应选用低温型，如 2026、紫孢和 CCEF99。

（2）适期播种　早菇的播种期可提前到 8 月下旬，选用广温型品种或前期选用中温型，后期选用低温型品种。12 月下旬至翌年 2 月上旬播种第二茬，前期选用低温型，后期选用中温型或广温型品种。蔬菜以黄瓜为例，于 10 月中旬播种。

（3）栽培方式　黄瓜按大行距 1 ~ 1.2m、小行距 0.5 ~ 0.7m 的方式定植，株距 20cm，每亩栽植3 500 ~ 4 000株，每 2 行覆盖 90cm 宽的地膜。平菇采用袋栽方式，菌袋放置于大行间，可叠放 3 ~ 5 层，上盖塑料薄膜。此种栽培方式非常有利于平菇的生产操作。

（4）平菇管理

① 发菌期管理　平菇播种后，从萌发到定植，培养料的温度在短期内升高。菌丝如长时间超过40℃，会生长不良甚至闷死。播种后 3 ~ 4d 内，应特别注意通风换气和温度调节工作，定时检查培养料内的温度变化，温度高时可稍揭膜换气，使料温控制在 24 ~ 28℃。10d 左右留种块周围布满菌丝，整齐地自四周扩展。播种后约 30d，菌丝布满整个培养料，注意保温保湿和通风换气。若发现杂菌污染，即用注射器注入 75% 酒精或 0.1% $KMnO_4$ 溶液，封孔处用胶布粘贴。整个发菌期间室温控制在 22 ~ 28℃，空气相对湿度 70%，每天通风至少 0.5h。菌丝布满培养料后，10d 即可形成子实体原基，此后进入子实体形成期。

② 子实体形成期的管理　应创造有利于子实体形成的环境条件，以促进出菇。

A. 增大昼夜温差　白天温度宜为22℃，夜间为10℃，昼夜温差10℃以上，以利菇蕾的形成。

B. 增加散射光照　适当增加室内的散射光照有利于子实体的形成。但要避免直射光。

C. 增加通风量　子实体形成期对 CO_2 敏感。畦栽时要将塑料薄膜用棍支起，以增强换气能力。袋栽，主要靠调节温室内的通风量，补充 O_2，排出 CO_2。每天通风 2 次，每次 0.5h。

D. 增大湿度　室内的空气相对湿度应保持 85% ~90%，在第一茬菇形成期间，一般不要向营养料喷水，以增加空气湿度为主要供水措施。子实体菌盖长至直径 2 ~ 3cm 时，可用喷雾器向子实体喷水。

E. 采收　子实体的菌盖边缘由弯曲变为伸展，孢子尚未释放时，是平菇的最佳采收期。采收过晚，菇体大量营养用于孢子形成，组织纤维化，品质下降；释放的孢子有害人体健康，且影响下茬菇的形成。

F. 采收后管理　第一茬采收后，清除残菇碎片，去除老根，停水 3d。然后轻轻喷水，使培养料表面潮湿（切忌大水浇灌），空气相对湿度保持 90% ~95%。约经 10d，第二茬菇蕾形成，以后的管理同第一茬菇。通常播种 1 次，可采收 3 ~ 4 茬菇。袋栽平菇，在采收第二茬后，将菌袋的塑料袋脱去，一个紧挨一个直立摆放到事先挖好的畦中，菌筒上覆沙性土 1 ~ 1.5cm 厚，灌足水，上盖塑料薄膜，以后的管理同前。

（5）注意事项　黄瓜病害较多，需经常用药防治，但必须注意在菇蕾形成至采收约 10d 内喷药或熏蒸，以免造成农药残留。必须喷药时，喷前用塑料薄膜将平菇盖严。给平

菇喷水时，勿喷到黄瓜叶片上，喷水次数适当减少，以减轻黄瓜病害的发生。平菇的呼吸作用和培养料发酵产生大量的CO_2，基本可补充黄瓜光合作用所需，在阳光不强或平菇间作量大时可不施或少施CO_2，以免造成黄瓜和平菇的CO_2中毒。

3. 效益分析　利用高秆蔬菜行距较大、空地较多的特点间作平菇，实现上部收获蔬菜，下部收获平菇的双重效益。

（二）蔬菜与黑木耳间作

1. 条件　在农村，用于黑木耳代料栽培的原料，如木屑、秸秆、麸皮等农副产品十分丰富。于丽萍（2003）研究发展日光温室蔬菜间作套种黑木耳，可促进农副产品的转化，这对繁荣市场，改变食物结构，增加农民收入有显著效益。具体如下。

2. 规格模式及技术要点

（1）温室消毒　播前每$100m^3$空间用有关农药100ml，与锯末混合后点燃，关闭风口，熏蒸24h。然后通风换气，等室内闻不到药味再操作。

（2）菌株选择　由于黑木耳菌丝对绿色木霉和康氏木霉的抵抗性差，在代料栽培中，选用优良菌株对木霉等杂菌有抵抗作用。

（3）塑料袋代料栽培

① 配料（以下两配方可选择使用）。

配方1：木屑（阔叶树）78%，麸皮20%，蔗糖1%，石膏1%，水适量。

配方2：玉米芯79%，麸皮20%，石膏1%，水适量。

将上述原料加水拌匀，用手捏紧，指缝间有水而不下滴为度，然后装塑料袋（14cm×14cm），装料到袋容积的2/3，套上颈圈、塞上棉塞。常压下土灶灭菌，连续烧8h，第二天再启锅接种。

② 接种与培养　在接种箱中接种，一瓶原种可接10～15袋。接完种后，将塑料袋移进温室培养，温度为25℃左右。待菌丝长满袋，即可进行出耳。

③ 开洞出耳　开洞前，用0.2%甲基托布津将塑料袋外壁消毒。然后用刀片开洞，每袋均匀开5～10个洞。开洞后，空气相对湿度应增大到80%～90%。为了保湿，可以加盖小拱棚，每天喷3～5次水，早晚进行，不宜在中午喷水，每次要少喷、勤喷。总之，出耳前控制到“干”，出耳后要适当“湿”。采耳后菌丝要恢复生长，需一定的温度和空气，所以，要停止浇水。

（4）采收　当耳片展开后即可采收。用小刀沿根部削平，不留耳根。采耳后应在阳光下连晒2～3d，每隔10d能收一茬木耳。

3. 效益分析

（1）充分利用温室空间，提高经济效益　日光温室由于建造一次性投资较大，室内土地珍贵，所以，充分利用空间是十分必要的。温室间作套种黑木耳，可以根据木耳生长不需直射阳光的特性，在弱光区栽培，并且不影响主栽蔬菜的正常生产，从而提高了经济效益。

（2）合理利用光、热、温度等资源

① 光照　经常性散射光条件，对黑木耳菌丝发育有促进作用；无光照菌丝生长正常，

但不形成子实体；在直射强光下，子实体脱水卷缩但并不死亡，散射光是子实体发育的良好环境。因此，可利用日光温室的弱光区（后屋面下、两山墙下和蔬菜空行内等）进行栽培。

② 温度　黑木耳是中温性食用菌，其发育对温度的适应性较广泛。菌丝体和子实体的最适生长温度均在 20～30℃，而日光温室的气温也一般控制在 20～30℃，冬季晚上气温最低也保持 8～10℃，可以满足黑木耳的生长发育。

③ 湿度　日光温室为了增温保温，通风较小，空气相对湿度常在 80%～90%，最大时可达 100%，这正好可满足黑木耳生长发育对湿度的要求。但蔬菜生产过程中，要适当通风降湿，可能会不能满足木耳的生长需要，为此可加盖小拱棚来提高湿度。

（3）可缓解温室内 CO_2 不足问题　由于温室生长是在封闭或半封闭条件下进行，光合作用的进行，经常容易出现 CO_2 不足。黑木耳为好气性真菌，当进行生命活动时，吸收 O_2，放出 CO_2，从而缓解了 CO_2 的不足，促进了蔬菜的生长。同时，也避免了 CO_2 累积时黑木耳生长发育的抑制作用。

二、蔬菜与中药材间作

以蔬菜和白芷间作为例。孙广钦（2007）试验结果表明，白芷不但能与一二年生牡丹、白芍、太子参、旱半夏套种，还可与蔬菜间作。实行药菜间作，可利用不同作物的生物学特性，充分利用地力和阳光，解决药、菜争地的矛盾，增加单位面积的产值。具体如下。

（一）规格模式及技术要点

1. 播种白芷　白芷适应性强，喜水耐寒，喜连作，但不耐旱，可秋播和春播。秋播 8 月下旬至 10 月上旬，春播 3 月下旬至 4 月上旬。但秋播产量高、质量好。待玉米将要收获时，离玉米植株 10cm 左右搂沟 2.5cm 深，把选好的白芷种子均匀地撒播在沟内，覆土 1.5～2cm，每行玉米播种两行，因白芷种小皮厚，出苗时间长，通过玉米秆遮阳，可保持土壤湿润，待白芷出齐苗后把玉米秆用镰刀削掉拉出地外。白芷年前为苗期，一般不需管理，只浇一次封冻水。年后按正常管理即可。

2. 种植蔬菜　可选择大叶蔬菜，如四月慢油菜和越冬甘蓝等品种。在玉米行内种植白芷时出现了大小行，可在大行内（50～60cm）施肥整地，亩施腐熟圈肥2 500kg、过磷酸钙 50kg，深翻 25cm，整平搂细。9 月下旬至 10 月中旬撒播菠菜或油菜，年前年后即可上市；也可 10 月初育越冬甘蓝苗，11 月份定植，翌年 4～5 月份上市。

（二）效益分析

种植蔬菜的土地利用率在 60% 以上，每亩可产菠菜1 000kg 或油菜1 500kg 或甘蓝 2 000kg。

本章参考文献

1. 陈金斌. 2003. 芋头间作马铃薯栽培技术. 福建农业科技，(5)：18

2. 陈万民，王成喜，任冲等.2003. 山药间作生姜高效栽培技术. 吉林蔬菜，(2)：14~15

3. 陈亚辉，王永强.2007. 大棚莴苣套种早熟西瓜高效栽培模式. 现代农业科技，(23)：62~63

4. 崔杏春.2007. 早春拱棚马铃薯套种甘蓝栽培技术. 现代农业科技，(5)：30~31

5. 房艳梅.2008. 西瓜间套模式. 农民致富之友，(07)：10

6. 顾昌华，谢光新，黄可.2006. 油菜大蒜间作的密度配置研究. 江苏农业科学，(5)：29~31

7. 金庆忠.2010. 春季露地爬地冬瓜栽培技术. 科学种养，(4)：23

8. 李长春，李翠花.2011. 大蒜间作套种栽培技术. 现代园艺，(13)：41

9. 李惠清，康贵奇.1986. 辣椒与黄瓜大棚套种高产经验. 农业科技通讯，(1)：27

10. 李兴泰.2011. 平菇与蔬菜间作高效生态循环栽培法. 农家科技，(12)：19

11. 刘晓云.2011. 旱地大蒜—马铃薯覆膜套种技术. 西北园艺，(3)：23~24

12. 刘占武，王洪晶，王海英.2010. 西瓜套种蔬菜栽培技术. 内蒙古农业科技，(6)：128

13. 牛欢.2011. 旱地全膜覆盖秋播大蒜复种胡萝卜高效栽培技术. 农业科技与信息，(17)：18~19

14. 任领兵，季珊珊，王彬.2007. 防寒沟西瓜//茄子栽培. 河南科技（乡村版），(12)：19

15. 邵焕武.2006. 蔬菜间作平菇技术. 新农村，(9)：15

16. 孙广钦.2007. 白芷与蔬菜间作效益好. 农家参谋，(8)：12

17. 孙学标.2008. 大蒜套种辣椒高效栽培技术. 上海蔬菜，(5)：10~12

18. 王光敏，王家丽，李世江等.2008. 辣椒单作与辣椒//春玉米套种模式综合效益比较. 辣椒杂志，(02)：20~23

19. 王秀云.2007. 西瓜与蔬菜间作套种增产增收. 吉林蔬菜，(6)：10

20. 王玉河.2008. 大蒜复栽番茄. 蔬菜科技，(2)：33

21. 吴琼，杜连凤，赵同科等.2009. 蔬菜间作对土壤和蔬菜硝酸盐累积的影响. 农业环境科学学报，28（8）：1 623~1 629

22. 吴琼，赵同科，安志装等.2010. 茄子//大葱及氮肥调控对植株硝酸盐含量及养分吸收的影响. 农业环境科学学报，29（11）：2 071~2 075

23. 谢恩湘.2008. 香瓜套种蔬菜效益高. 农村新技术，(1)：53

24. 薛金山.2005. 大棚辣椒间作套种黄瓜可以防病增效. 农村百事通，(03)：10

25. 闫国先，肖宏伟.2012. 金塔县塑料大棚西瓜间作套种茄果类蔬菜高效栽培技术. 中国农技推广，(2)：27~28

26. 闫振强，孙金霞，高子艳.2008. 山药和毛豆间作优质高产栽培技术. 中国农技推广，(6)：24~25

27. 杨仁健.2008. 东北地区大棚辣椒套种菜豆高产高效栽培技术. 黑龙江农业科学，(3)：152

28. 杨万邦 . 2008. 旱沙田瓜菜间作高效栽培技术 . 中国瓜菜，(4)：47 ~ 49

29. 杨友琼，吴伯志 . 2007. 作物间套作种植方式间作效应研究 . 中国农学通报，(11)：192 ~ 196

30. 叶秀勇，蒋梅，贾刚 . 2004. 辣椒间作洋葱丰产技术 . 农村科技，(4)：36

31. 于丽萍 . 2003. 日光温室蔬菜间作套种黑木耳 . 北京农业，(5)：3

32. 张福安 . 2008. 豆角间作甜辣椒的栽培技术 . 农民致富之友，(8)：19

33. 张福兴，韩玉萍，冯润花等 . 2012. 高寒地区露地蔬菜间作高产高效栽培技术 . 蔬菜，(4)：9 ~ 10

34. 张雪平，张凤仙 . 2009. 豫北地区早春大棚茄子丝瓜套种技术 . 长江蔬菜，(17)：22 ~ 23

35. 张子例，蔡万奢 . 2006. 大棚蔬菜特殊的间作套种新技术 . 山西农业，(27)：13

36. 赵卫，康建宏，吴宏亮等 . 2010. 沙田西瓜间作辣椒不同带比研究 . 农业科学研究，(4)：6 ~ 10

37. 郑华 . 2002. 大棚茄子套种豇豆的栽培模式 . 浙江农业科学，(4)：206 ~ 207

38. 郑华，周月英，吴日锋等 . 2002. 大棚茄子套种豇豆高效无公害栽培模式 . 中国农学通报，(5)：141 ~ 142

第四章　条带种植与带田种植

第一节　条带种植

一、条带种植的意义

条带种植是中国近年来在科学的间作理论、技术基础上发展起来的一种耕作方式，是现代农业与传统农业相结合的产物。它不仅具有间作的优越性，还便于采用现代农艺措施，具有利于增产增效、利于机械化操作、便于间作物的轮换种植等优点。

（一）增产

试验研究和生产实践证明，合理的条带种植较单作具有显著的增产作用。原因是它能够使作物地上部分充分发挥边行效应，并且使地下部分分层均衡地利用土壤水分、养分，加强了对自然资源的利用，显著地提高单位土地面积的生产力。

目前，国际上通常采用土地当量比（Land Equivalent Ratio，LER）来反映间作的土地利用效益。土地当量比 >1，表示条带种植有利，>1 的幅度越高，增产效益越大（古世禄等，1997）。可见，采用条带种植，土地利用效益提高，相当于在原有耕地上增加了土地面积。

（二）增效

合理的条带种植既可达到农业生产的增产，还可利用同等或者较少的经济投入产出较高的经济效益。郭志利（1994）试验结果表明，条带种植比单作亩产值增加 87.03 元，相当于增值 48.9%。

（三）便于机械化操作

传统间作增加了农事操作和田间管理的复杂性，增加了机械化作业的难度，比较费工。而条带种植不仅具有间作的优越性，还较便于机械化操作，克服了普通间作的弊端，能够提高劳动生产率。随着农村劳力向城市转移及农业机械现代化向更深层次的发展，条带种植的优越性越来越被利用。

（四）便于作物间的轮换种植，利于用地和养地相结合

条带种植中，粮食作物与固氮类型作物条带种植，作物间不同的生物学特性对土地的影响也是不同的。因此，合理安排条带种植的作物结构，可协调作物之间的用地矛盾，便于作物间的轮换种植；同时在用地的同时，也有养地的作用，从而保持土地的持续利用，同时，还可在条带内实行年际间轮作倒茬，维持农田的生态平衡。

二、条带种植的特点及品种搭配

（一）作物及其品种选择

作物及品种的生态适应性、特征特性等不同，在条带种植中产生的效果也不同，因此，必须选择适宜符合群体生长发育的作物及其品种，才能达到预期效果，这是条带种植的基础。

1. 生态适应性 生态适应是生物随着环境生态因子变化而改变自身形态、结构和生理生化特性，以便与环境相适应的过程。生态适应是在长期自然选择过程中形成的。各种作物或品种对自身生存的生态环境要求不同。条带种植下，为了充分发挥群体互补效应、缓和竞争，需要根据各自的生态适应性来选择适宜配置的作物及其品种。因此，选择条带种植的作物及其品种，要求他们具有基本一致和相对互补的生态适应性，包括生育期、日照时数、生育期积温、及耐阴、喜温程度等。

2. 形态特征及生育特性 对作物及品种特性的选择，应遵循有利于自然资源互补利用的原则，即植株高度要高低搭配、株型要紧凑与松散相结合，叶子要大小尖圆互补，根系要深浅疏密结合等。玉米与大豆条带种植即是一个典型例证。植株高矮搭配，作物间出现高度差，增加了受光面积，便于空气流通，调节田间温度湿度。株型与叶子的空间互补对应，能够增加群体密度和叶面积。根系深浅和疏密差异，增加了单位体积土壤中的根量，增加了植株吸收能力。

3. 整体经济效益 在选择作物组合时，还应把是否取得较高经济效益作为一项指标。只有组合后产生高的经济效益，才有可能在生产中大面积推广应用，这一原则虽然是一条经济规律，但它往往起着决定性的作用。

（二）田间结构配置

田间结构即作物群体在田间的组合、空间的分布及其相互关系的总称，包括垂直结构和水平结构。它是实现条带种植增产增效的关键。垂直结构决定于作物的种类及其品种。水平结构是指作物群体在田间的横向排列。在选定作物种类及品种后，水平结构的配置则显得更加重要。条带种植中水平结构包括带宽、行数及密度等。

1. 带宽 条带种植的带宽是指组合内各种作物顺序种植一遍所占地面的宽度，也即各个作物幅宽的总和。带宽是条带种植的基本单元。不同作物配置，其带宽也有所不同。过宽，消弱了高位作物的优势，增产增效不明显；过窄，则失去了条带种植的实际意义。带宽的确定，主要决定于作物及其品种的特性与组合的产量及经济效益。一般可在便于田

间作业的基础上，根据高位作物具有正边际效应的行数的2倍确定作物幅宽，进一步确定组合带宽。

2. 行数 条带种植各作物的行数一般以行比来表示，即各作物的实际行数之比，如6行玉米与6行大豆条带种植，其行比为6∶6。

3. 密度 种植密度，特别是高位作物的种植密度是决定条带种植效益高低的一个重要因素。一般高位作物在所种植条幅内的密度要高于单作的30%以上，以充分利用改善了的通风透光条件，发挥密度效应，提高产量。密度增加的程度依据肥力、行数、株型而定。土壤肥力水平高的密度可增大。在具体实施中，可通过缩小作物株行距的形式保证要求种植的密度。

特别说明的是，不耐阴的矮位作物在所种植的条幅内密度一般要低于或等同于单作，而耐阴作物则应保持单作时的密度。

（三）田间管理

北方旱地条带种植中各作物的栽培管理，仍应以挖掘降水生产潜力，提高水分利用率为中心，采用传统农艺措施与现代农艺措施相结合的方式，最大限度地提高产量效益，它是条带种植实现增产增效的保证。在复合群体中，不同作物及其品种，其相应的管理措施也不同，在各自独特的农艺措施基础上，还应注意以下几点。

1. 平整土地，适施底肥 条带种植体系是一个复合群体，各作物的需肥规律不同。有机肥和P肥可以一次性全部施入；N肥的使用量应根据各作物需肥特点而定。群体中如有具备固N能力的作物，如豆类，则少施为宜，其他作物所需N素可以通过生育期追肥补足。肥料的施用量，因群体内植株密度有所改变而改变，要以苗数确定，不可按占有面积确定。

2. 适时播种 条带种植内不同作物的适宜播种期各不相同。条带种植时，为了便于田间操作，提高工作效率，一般采用同期播种。这就需要综合分析各作物的特性，选择对各作物均比较适宜的播期，以减少彼此竞争，使他们的各个生育阶段都处于比较适宜的时期。

3. 化学调控 作物化学调控技术是指运用植物生长调节剂促进或控制作物生化代谢、生理功能和生育过程的技术，目的是使作物朝着人们预期的方向和程度发生变化，从而提高作物生产力和改善农产品品质。条带种植中的化学调控指利用适当的植物生长调节剂对复合群体作物的生长发育进行调节控制，可以起到“控上促下”，协调各作物生长关系，创造理想群体，促进优势利用等积极作用，从而达到高产高效的目的。

4. 合理追肥 由于复合群体各作物需肥种类及数量不同，底肥难以满足各自的需要，所以，在作物生育期内，必须根据各作物需肥规律，在适当的时期进行施肥，特别是不具固N作用的作物。

5. 及时收获 条带种植复合群体内，各作物生育期不尽相同。因此。成熟期也不一致。收获时，应把握早熟早收、晚熟晚收的原则。尽可能地减少作物间的竞争，为较晚熟的作物提供更好的通风透光环境，并避免早熟作物的落粒、鸟害等直接损失。

三、条带种植的类型

（一）谷子大豆条带种植

谷子属禾本科，须根系，株高中等，叶窄长，为较喜光、需 N 素多的作物；大豆属豆科，直根系，植株矮小，叶片小而圆，为较耐阴、需 P、K 多的作物。由它们组成的条带种植复合群体，除具有密植效应外，还有营养异质效应、边行正效应、补偿效应等，全面体现了复合群体的各种互补关系，增产增收效果明显。

1. 谷豆条带种植对两种作物生长发育和生理活动的影响 古世禄等 1992～1994 年采用谷子和大豆按 1∶1 比例种植，条带宽度为 3.2m。在谷子生育期间，测定了田间光照、温度和空气中的 CO_2 浓度，用 FQ-W 型红外线 CO_2 气体分析仪测定了光合作用速率、呼吸强度；用 LI-1600 稳态气孔计测定了叶片气孔阻力、蒸腾强度；用重量法测定了根系伤流量；用烘干法测定了干物质重量等。结果表明，在分带种植情况下，田间光照强，温度高，谷子生长好，叶面积大，光合作用能力强，光合作用时间长，NAR 值也高，因而干物质积累量较大。分带种植的谷子，根系伤流量比对照增加 22.3%，又能加快体内物质向穗部运转的速度，从而提高结实率，增加成粒数，加大收获指数。因此，分带种植，加强了体内各种生理生化过程。这是由于分带种植后，改变了田间小气候环境，引起谷子体内一系列生理变化。

2. 谷豆条带种植的增产机理 谷豆条带种植属于栽培作物群体中的复合群体，较单作构成的单一群体具有较复杂的特点，除水平结构复杂化外，垂直结构也出现明显层次，田间生态条件及作物体内生理也发生不同程度的变化。因此，研究条带种植高产增效机理，应运用群体的观点、理论、方法作指导。

首先是单一群体难以充分利用自然资源。单作便于田间管理与机械化，经过精耕细作，也可达到高产目的。但是单作构成的单一群体，个体都生长在同一空间、土地环境中，地上部与地下部均处于统一层次，对各种生态因子的需求相同，当植株生长发育到一定阶段，个体之间的竞争逐渐突出。究其原因，主要是对光资源利用的限制。作物的生长发育是一个动态的过程，植株个体与作物群体干物质积累过程呈“S”形曲线，而叶面积指数的发展呈抛物线形。在合理的密度下，作物达到生长旺盛期，叶面积指数达最大值，田间群体透光率弱，只有群体顶部可正常采光，且常常超过自身光饱和点，而中下部远未及光饱和点，造成光资源的极大浪费；同时，群体对阳光的反射率高，也造成光资源的浪费。

谷豆条带种植技术是解决充分利用自然资源的一个很有效的办法。

（1）群体光能利用率提高 光能利用率一般是指单位土地面积上，农作物通过光合作用所产生的有机物中所含的能量，与这块土地所接受的太阳能的比。理论计算值一般可达 6.0%～8.0%，而实际生产中仅为 0.5%～1.0%，最大可达 2.0%。条带种植由于高位作物充分发挥了其边行优势及群体优势，光合作用产物显著增加，提高了其光合作用利用率，主要有以下原因。

① 单株叶面积扩大 条带种植后，高位喜光作物一般生长旺盛、植株较高大，单株

叶面积增大38%，为生产更多的光合作用产物奠定了物质基础。

② 田间小气候的改善 由于群体内有一定高度差，所以，高位作物除了能截留直射光线外，还可以利用侧射光线增加植株下层光照强度，扩大群体受光面积。

据古世禄，郭志利（1998）研究，植株上方入射光强为80.84klx，分带种植的谷子行间植株中部光强为55.93klx，下部光强为3.995klx，分别比单作的高2.444klx和2.209klx。其高度每降低1cm，光强降低386.81lx，而单作的光强则要降低427.7lx。因此，单作的植株下部光强仅178.6lx，只有分带种植的44.7%，已在谷子光合作用光补偿点之下。

同时，由于光照条件差异，田间受热也不均匀，分带种植的谷子行间温度32.2℃，比对照高0.4℃；叶温32.5℃，比对照高0.8℃。由于受热不均匀，引起田间空气小尺度旋涡状运动和株间乱流扩散加大，导致田间 CO_2 浓度的变化。试验时大气 CO_2 浓度为 303×10^{-6}，分带种植的谷子行间 CO_2 浓度为 301×10^{-6}，而对照仅 298×10^{-6}。良好的光照，较多的 CO_2，必然促进谷子的光合作用。

③ 光合作用速率提高 光合作用速率指光合作用固定 CO_2 的速率，即单位时间单位叶面积的 CO_2 固定（或 O_2 释放）量。条带种植后，高位作物所处的光照条件、温度及 CO_2 浓度等空间环境良好。同时，叶面气孔开张度增大，气孔阻力较小，谷豆条带种植的谷子叶片气孔阻力位（1.415 ± 0.286）s/cm，比对照小13.1%，CO_2 气体容易进入叶肉细胞。

分带种植叶面积2年平均为782.8cm^2/株，比对照扩大38.0%；光合作用速率（42.21 ± 7.40）mg CO_2/dm^2·h，比对照增加38.8%，经方差分析，$F=6.05$，$P>0.05$，差异显著。光合作用速率较高的原因，除了它的光合作用环境优越外，叶片气孔张开度较大，也是其重要原因。气孔张开度大，则气孔阻力小，有利于 CO_2 气体进入气孔。分带种植的谷子气孔阻力为（1.415 ± 0.286）s/cm，比对照减小13.1%。因此，进入气孔的 CO_2 较多。这样，较多的 CO_2 容易活化光合作用的关键酶（RUBISCO），增加可利用羧化底物的浓度，从而提高其光合作用速率。分带种植既促进了呼吸作用，更能提高NAR值，比对照增加78.7%。

（2）分带种植提高谷子干物质积累及运转能力 研究表明，分带种植的谷子地上部干物质总量，1992年比对照单作高17.1%，1994年比对照高45.3%。特别是穗重，分别比对照单作高18.3%和64.9%。经方差分析，差异达到显著或极显著水准。在干物质积累的基础上，加快体内物质运转速度，对高产高效具有重要意义。首先，从物质向各器官中分配比率来看，分带种植的谷子向穗部分配的比率较高，占全株的42.6%，比对照增加5.5%。其他器官依次是：茎占25.6%，叶片占16.0%，叶鞘占8.8%，根占7.0%，分别比对照降低1.1%、1.6%、1.5%和1.3%。其次，从穗重增长率和收获指数来看，分带种植的谷子2年平均穗重增长比对照增加84.8%，收获指数比对照单作高11.1%。表明分带种植能促进谷子体内物质较快较多地运送到穗部，因而能高产高效。

（3）分带种植对谷子根系伤流、叶面蒸腾及水分利用率的影响 分带种植后，谷子根系伤流量比对照多22.3%，蒸腾强度比对照单作高18.3%；方差分析，$P>0.01$，差异达到极显著水准。因此，分带种植促进了谷子根系吸水能力，加强了体内各种生理生化过程。谷

子的最大叶面积指数在5以下时，叶面积与产量呈线性关系，$y=69.15x-23.45$。以群体叶面积为内容的光合作用势越大，表示光合作用时间越长，积累的有机物质也就越多。

总之，谷豆条带种植能改变田间小气候，使气温升高，光照增强，CO_2 浓度增大，扩大了绿叶面积，减小了气孔阻力，有利于光合作用和蒸腾作用的进行；促进了呼吸作用，加强了根系活性，提高了植株对光能和水分的利用率；增加了体内干物质积累量，加速了物质向穗部运转，提高了收获指数，因而能高产高效。

3. 种植规格和模式 试验研究和生产实践表明，谷豆幅宽比为1∶1，行比为6∶6、6∶3、6∶5较适宜，可采用机械化或者半机械化播种。

（1）畜力三腿耧播 一般应用2种方式，一种为总带宽3.2m，谷豆行比为6∶6，即两耧谷子间两耧大豆；一种为总带宽1.6m，行比3∶3，即一耧谷子间一耧大豆。

（2）机械化播种 在适于机械化播种的地块上，可使用6行播种机，行距调为26.67cm，左三耧播种谷子，右三耧播种大豆，往返播种即可。

（3）耧播谷子、沟播大豆 谷子采用畜力三腿耧播，大豆则采用犁开沟，人工点播即可，带宽3.2m，谷豆行比变为6∶5，大豆行距增大，株距缩小，总留苗密度不变。

4. 技术要点

（1）谷子管理 从选择品种、种子处理、密度设置、施肥管理等方面着手，进行科学集约。

① 选择适宜条带种植的优良品种 由于条带种植中需要增大谷子种植密度，因此，要求选用株型紧凑的耐密性品种，此外，为了形成明显的作物层差，应避免选用矮型品种。

② 种子处理 用10%盐水漂去秕谷等杂物，然后用种衣剂浸种4h，或细胞分裂素600～800倍液浸种8～12h，并视病虫害发生情况，用瑞毒霉、拌种双、辛硫磷等或其他专用种衣剂进行拌种，予以防治。

③ 相对提高留苗密度 谷子春播单作时，一般留苗15万～52.5万株/hm^2。条带种植下，也应保证留苗30万～36.5万株/hm^2。

④ 底肥追肥合理搭配 结合整地，施750kg/hm^2 过磷酸钙及375kg/hm^2 碳酸氢铵，有条件的可以增施有机肥。拔节期或孕穗期视苗情追施尿素150kg/hm^2，这样既可避免豆田对N素的浪费，又可保证谷子不同生育时期养分的需求。

（2）大豆管理

① 选择适宜条带种植的丰产品种 要求品种丰产性好，株高中等或偏低，熟期与所搭配的谷子接近或稍早。

②适期适量追肥 可根据苗情，在大豆结荚期追施尿素10kg/亩。

③药剂防治害虫 在结荚期，可喷速灭杀丁、来福灵、多来宝等杀虫剂，防治大豆食心虫。

④保证留苗密度 大豆的留苗密度应保持在单作时水平，即以大豆计算，留苗15万～18万株/hm^2。

5. 种植技术的改进和发展 谷子与大豆搭配，进行条带种植，在试验研究的基础上，主要适于在北方一熟制特别是在旱农地区应用。为便于推广，结合农村实际，应以简化栽

培并便于机械化操作为发展方向。

6. 效益分析　条带种植，一方面发挥了谷子能利用强光，豆类相对耐阴的特点，起到了优势互补的作用。只要种植比例得当，条带内豆类可获得与单作相当的产量，且谷子也能显著增产。另一方面，田间形成复合群体，能较好地利用当地自然资源。据试验测定，分带种植的光能利用率为0.38%，年降水利用效率为7.05kg/（mm·hm^2），分别比单作（对照）提高46.2%和30.6%。因而能促进生长发育，优化谷子产量结构，特别是对谷子的每穗粒数有较强的促进作用。分带种植的谷子每穗粒数比当地传统栽培的增多65.9%，比单作种植的增多38.7%，故能高产高效。实行谷豆分带种植的产量和经济效益与当地传统栽培的对照相比，差异均达到极显著水准（$P>0.01$），即增产28.8%，增值48.9%，纯收入提高49.3%。

（二）玉米大豆条带种植

玉米与大豆实行条带种植，同样适用于北方一熟制地区和旱农地区。在一些试验中，长势良好。

1. 增产机理

（1）玉米大豆条带冠层内不同高度光的透射率　高阳等（2008）研究表明，在玉米、大豆1∶3（I1）和玉米、大豆2∶3（I2）的种植模式下，测定光合作用有效辐射（PAR）、叶面积指数（LAI）、大豆条带上方日平均光量子通量密度（PPFD）、大豆株高和生物量等指标，研究玉米和大豆条带间作模式下的光环境特性。研究表明，条带内水平方向上冠层底部光的透射率变化都很明显，大豆条带边行的透射率高于大豆内行；玉米条带内行的透射率高于边行，靠近植株附近光的透射率降低。在20cm高度处，大豆边行的透射率为60%，与内行I1相同；I2大豆边行的透射率（40%）略高于内行（35%）。I2大豆条带光的透射率低于I1主要是由于I2玉米高度（102.6cm）高于I1（91.8cm），对大豆条带的遮光程度较I1大所致。大豆内行40cm高度处（大豆株高为27.3cm）光的透射率大于85%，大豆边行的透射率小于70%（I1为70%，I2为62%）。这些都表明，玉米对大豆条带已有遮光效果，但不明显。I2玉米对大豆的遮光程度大于I1。在6月26日，由于冠层郁闭，水平方向上冠层底部光的透射率变化已不明显，平均透射率小于7%。大豆冠层上方（80cm高度处）的平均透射率仅为51%（I1和I2均为51%），而大豆株高为72.0cm；在140cm高度处，光的透射率才接近100%（I1和I2均为94%）。这些都表明，此时玉米对大豆条带的遮光已很严重。在100cm高度以下，I1和I2大豆边行光的透射率与内行相近，这说明不仅玉米对大豆遮光，大豆冠层也影响了玉米下部冠层的透光。在60～160cm高度之间，I2玉米条带内行光的透射率均低于玉米边行，这是由于玉米条带的行距较小（30cm），内行叶片相互重叠，降低了内行的透光。玉米雌穗大约生长在100cm高度处，是光的透射率开始明显升高的高度，此处的平均透射率大于70%。光合作用最强的部位在棒三叶（雌穗叶及上下各1片叶）及以上叶片，较高的透光率有利于玉米灌浆。60cm高度处的平均透射率小于35%，到达下部的入射PAR减少，不仅对总体光合作用影响不大，还可减少呼吸、叶片蒸腾和地面水分蒸发。

（2）条带冠层内光的透射率与向下累计LAI的关系　试验表明，间作群体内作物的

向下累计 LAI 迅速增大。从冠层顶部向下，光的透射率随累计 LAI 的增加而递减，低于大豆冠层高度后，光的透射率迅速减少。对光的透射率与 LAI 进行拟合得出，处理的拟合系数达到显著水平；I2 处理大豆条带的拟合系数达到显著水平，玉米条带的拟合系数达到极显著水平。同时，大豆的消光系数略高于玉米，表明大豆叶片比玉米叶片更为水平分布。

（3）大豆条带接收到的日平均光量子通量密度　在生育早期，内行大豆接收到的日平均 PPFD 高于两侧边行，约高出 10%。在大豆开花之后，内行大豆接收到的日平均 PPFD 与两侧边行有显著差异，但边行之间并没有显著差异。

（4）条带大豆的生长发育状况　生育早期，不同位置大豆株高没有明显差异。但在大豆进入生殖生长期后，大豆条带中间行的株高明显高于边行，这可能是由于玉米对大豆边行的遮阳造成的。不同位置大豆生物量在生育早期没有显著差异，但在大豆进入生殖生长期后，不同行大豆的生物量出现差异，中间行生物量高于边行，而边行之间没有显著差异，不同位置大豆接收到的 PPFD 有显著差异是造成生物量差异的主要因素。

2. 技术要点

（1）玉米管理

① 品种选择　选用优质高产、株型紧凑、叶片上冲、中秆耐密品种。玉米密度因品种不同而不同。秋冬农闲季节采取农田土壤样品进行化验，春播前完成测土配肥。根据土壤肥力水平结合产量指标，确定有机肥及化肥施用量。

② 田间管理　为促进玉米快出苗、出齐苗，在幼苗 2 片叶展开时浅锄疏松苗眼，破除硬壳，3 片叶时疏苗，5 片叶时定苗，实行蹲苗，做到“促下控上”。长到大喇叭口前期（10～15 片叶）追配方玉米专用肥 20kg，并在拔节期、灌浆期遇旱灌水。玉米田防治黏虫，用 20% 马氰乳油1 500～2 000倍液喷雾，或 20% 速灭杀丁乳油1 000倍液、10% 氯氰菊酯1 000倍液喷雾。防治玉米螟最好用赤眼蜂，没有人工饲养赤眼蜂每亩可用 5% 甲拌磷颗粒剂 0.5kg 拌细沙 20kg 撒在玉米心叶内，每株用毒土量 2g。

（2）大豆管理

① 品种选择　选用高产、高蛋白大豆专用品种，充分发挥良种增产优势。播种前对种子进行精选，剔除病、杂粒和劣粒，要求发芽率在 85% 以上，确保全苗壮苗。适时抢墒造墒，力争早播。合理密植，实行宽行密植，单株留苗，行距 40～50cm。

② 田间管理　改变种植大豆不施肥的习惯。根据试验，大豆用种肥磷酸二铵 150～225kg/hm^2，播种时深施；开花、结荚期施纯 N 30～45kg/hm^2。自大豆开花起，结合其他药品叶面喷施 0.3%～0.5% 的磷酸二氢钾，每 10d 喷 1 次，连喷 3 次，增产效果明显。依据天气状况，遇旱浇好开花水、结荚水、鼓粒水。水分充足可减少花荚脱落，发挥增荚、增粒和提高粒重的效果。

增施植物生长调节剂。在初花期至盛花期用多效唑 15g/hm^2 加水 750kg/hm^2 叶面喷施，可促进植株矮化和改善株型，使茎秆变粗、叶柄变短、变粗、叶柄与主茎夹角变小，改善株间通风透光，增加绿叶数和延缓叶片的衰老，促进根系生长和增加根瘤数，利于养分的吸收。还有利于增加光合作用产物，促进有效分枝的生长，提高单茎结荚数，防止倒伏。经试验，可增产 20% 左右。在初花期，用亚硫酸氢钠 1.8kg/hm^2 加水 1 050kg/hm^2 叶

面喷施，可抑制光呼吸，从而减少光合作用产物的过多消耗，增加干物质积累，并且能促进早熟。

综合防治大豆的病毒病、霜霉病、紫斑病、根结线虫、红蜘蛛、大豆食心虫、豆天蛾、豆荚螟等病虫，但禁止使用高残留农药。可根据当地主要杂草的种类合理选用除草剂防治草害。可选用高效低毒敌鼠钠盐拌入诱饵放在鼠洞附近防治鼠害。大豆田防治食心虫，每年的8月10日前后发生成虫，傍晚见到蛾团时，每亩用80%敌敌畏乳油0.1kg蘸玉米秸秆2~3节，其中，1节去皮吸药，均匀插在田间熏蒸；见到成虫后3~5d可发现幼虫，可用2.5%敌杀死乳油2 000倍液，或2.5%溴氰菊酯1 500~2 000倍液对大豆结荚部位喷雾防治。

（3）其他技术要点　推进机械化作业和少耕保护性耕作技术。在玉米生长中后期可采取去雄、站秆扒皮等人工措施，并适当延迟收获期，提倡机械化作业，逐步推广机耕机播机收等全程机械作业。翌年玉米带要做到少耕、免耕和铁茬直播，即翌年玉米大豆换茬换带，大豆茬改种玉米带时不进行整地深松而直接播种玉米。玉米茬在秋收后采取高留茬和秸秆粉碎直接还田，旋耕、深松1次作业完成。采取隔带隔年旋耕、深松保护性耕作技术。

（三）谷子绿豆条带种植

1. 增产机理

（1）谷、豆分带等宽种植对作物产量的影响　在谷子的产量构成因素中，每株穗粒数是影响产量的主要因素，千粒重的作用较小。分带等宽栽培能优化谷子的产量结构，与谷子传统单作种植比较，每穗粒数增加14.6%，千粒重提高2.9%，穗粒重增加19.4%，因而能达到高产高效的目的。谷、豆分带等宽种植比传统单作种植单产提高12%，总产量增加20%，纯收入增加19.8%。

（2）谷、豆分带等宽种植对自然资源利用的影响　李清泉（2007）研究表明，谷、绿豆分带等宽种植，田间通风透光良好，谷子叶片接受光照较好。据测定，分带等宽种植的谷子行间下总光强比单作的高123.7%。同时，土壤水分通过蒸腾消耗而不是从表土直接蒸发，从而提高了土壤水分的有效性和作物抗旱性。此外，谷、豆分带栽培的谷子能充分利用当地的热量资源。据测定分带栽培的谷子行间温度比对照高0.4℃，叶片温度高0.8℃，所以生长发育比较充分。2003年9月19日在甘南县早霜之后观察，分带栽培的谷子已充分成熟，而单作的谷子成熟度仅85%~90%。

（3）谷、豆分带等宽种植对其自身特点的影响　试验证明，分带等宽栽培改变了谷、豆的群体结构，田间形成了谷高豆矮的复合群体，既充分满足了谷子需要强光的特点，又充分利用了豆类相对耐阴的特性，从而提高了光照资源的利用率。研究表明，谷子强光下光合作用比绿豆大得多，而绿豆在弱光下光合作用的降低比谷子小。

2. 技术要点

（1）谷子种植与管理

① 品种选择及处理　选择品质好，抗逆性强，高产优质品种。晒种：播种前一周，晒2~3d。能够提高谷子的发芽率和发芽势。用10%~15%盐水选种，选后用清水洗净捞

出晾干。用种子量0.25%瑞毒霉播种，预防谷子黑粉病或白发病。

② 谷子田间管理措施　结合整地，每公顷地施有机肥30t，施三元素复合肥350～400kg。底肥一定要深施。适时早播，密度为一般每亩保苗3万～6万株左右。管理上注意以下几点：一是间苗和定苗。手能抓好苗时（苗高4～5cm，3～5叶）进行间苗，先间掉杂苗、小苗、弱苗和分苗，再按面积定苗；二是先间苗眼中间的，后间苗眼两边的。间苗后及时中耕培土一次，最好随间苗随中耕，并除净垄眼里的杂草，防止草荒；三是防治钻心虫。苗期钻心虫主要以谷茎跳甲为主，可在钻心虫孵化期（6月中下旬）撒施敌敌畏毒土于心叶，叶鞘及地面，及时拔出病苗，带出田间处理；四是拔节期和孕穗期要逐垄清除病株、虫株、残株，并去掉分蘖，目的减少水肥消耗，使整株整齐一致，通风通光。拔节后期结合中耕每亩追尿素7～10kg；五是后期管理。若田间出现缺肥现象，可进行叶面施肥，用2%尿素+2%磷酸二氢钾+90.2%硼酸溶液40～60kg/亩。抽穗前10d，发现中旱，应及时浇水，确保抽穗整齐一致，防止卡脖旱，保证正常灌浆。

（2）绿豆种植与管理

① 品种选择　因地制宜选择高产、优质、抗逆性强的品种。要搞好品种搭配。种子利用风选、水选或机选，清除秕粒、小粒、杂质、草籽，进行精选。选留干净的大粒种子进行播种。播种前，选择晴天中午，将种子薄薄地摊在席上或水泥晒场上，翻晒1～2d等方法进行晒种。采用种子包衣技术对根腐病较重地区选择以多菌灵或福美双杀菌剂为主的种子包衣剂；对地下害虫或孢囊线虫病较重的地区，可选用杀虫剂为主的种衣剂，按药种1∶80的比例进行包衣，阴干，等药剂处理24h后即可播种。

绿豆合理密植原则是：早熟种密，晚熟种稀；直立种密，半蔓种稀，蔓生种更稀；肥地稀，瘦地密；早播种稀，晚播种密。一般每公顷保苗21万～25万株，播种量为22.5kg/hm^2左右。

② 田间管理措施　绿豆的田间管理要抓好间苗与定苗、中耕除草、病虫害防治等措施。

间苗定苗：为使绿豆群体分布均匀，应在第一片复叶展开前适当间苗，有利于通风透光，合理利用土地、养分和空间；第二片复叶展开后定苗。

中耕除草：绿豆进入苗期，尤其是雨季来临后，杂草生长速度快，地面易板结。为此，及时中耕除草非常必要。一般要两铲三趟，避免伤苗、伤根，达到破除板结，疏松土壤，减少蒸发，消灭杂草，增加土壤通气性，促进绿豆生长发育的目的。

病虫害防治：病害主要是叶斑病和白粉病。绿豆生育中后期主要发生这两种病害，对于叶斑病一般发生在4～5片复叶期，此期高温、潮湿条件下发生严重。在绿豆中后期主要易发生蚜虫和红蜘蛛，可用一遍净每公顷120～225g，配成2 000～3 000倍液防治蚜虫，利用甲氰菊酯1 000～2 000倍液防治红蜘蛛等害虫。

收获：绿豆开花结荚是由下向上顺序进行，荚果也是自下而上渐次成熟，成熟期不一致。成熟的豆荚易爆裂，籽粒易脱落，应视成熟情况随熟随采收。一般植株上有60%～70%的荚成熟后，开始采摘，以后每隔6～8d收摘一次，效果最好。种植面积大的则需一次收获，应以绿豆全田植株荚果2/3变成褐黑色为适时收获的标志。收获应掌握在早晨和傍晚进行。采收的豆荚经晒干、脱粒、精选、熏蒸后即可入库贮藏。绿豆种子寿命较

长，在良好贮藏条件下6年仍可保持较高的发芽率。绿豆贮藏时要注意绿豆象为害，在20～25℃条件下，可每立方米绿豆用1～2片磷化铝，在密封的仓库或熏蒸室内熏蒸3～5d。同时，注意贮藏库的通风，保持低温，干燥条件为最佳。

3. 效益分析　这种模式的优势在于投资小，效益高，简便易行，容易掌握。对当地农民来说，确实是一种“看得见，摸得着，学得起，用得上”的实用新技术。按谷子绿豆6∶6的比例种植，再以综合高产配套栽培技术，可获得较高的产量和较好的经济效益。

第二节　带田种植

一、带田种植与条带种植的主要区别

带田种植与条带种植是不同作物依照不同带宽的间作类型，但带田种植间作物的带幅不一定相等，其种植行数可有不同的比例。

二、中国带田布局

带田种植是中国北方一熟制地区一种较常见的种植方式。在新疆绿洲农区，甘肃河西走廊，青海，内蒙古和宁夏河套灌区等地较为普遍。

三、中国带田种植的主要类型

（一）春小麦、玉米带田

1. 分布地区　中国北方一熟地区的甘肃河西走廊、山西雁北、河北北部、东北、内蒙古的南部平原，年积温低，年降水量少，多属春麦区。小麦、玉米带田种植有广泛的分布。

2. 群体特征与增产机理　胡新元、郭天文、邱进怀等（2001）在甘肃张掖市以150cm带型小麦/玉米带田为对照，对136cm带型、176cm带型、214cm带型小麦/玉米带田不同种植方式的产量与效益进行的试验和分析结果表明，136cm带型（小麦6行、玉米1行、玉米两侧套黄豆）混合产量（15 460.5kg/hm^2）与对照无明显差异，但产值较对照增加1 410.00元/hm^2，增幅达10.6%；176cm带型（小麦6行、玉米3行）混合产量最高，达16 318.5kg/hm^2，较对照增产7.0%，差异达极显著水平，但产值较对照仅增加5.5%；214cm带型（小麦9行、玉米3行）混合产量及产值较对照分别降低1.7%和1.1%。

刘建国，吕新，王克如等（2001）利用小麦套种玉米吨粮田复合群体干物质积累、光合作用性能以及群体冠层等研究了南疆小麦/玉米带田群体特征。研究表明，小麦/玉米是在小麦生育后期预留行间套种玉米，两季全生育期363d，其中，小麦264d，玉米112d，共栖期13d，采用套作较传统的复种延长了后作玉米的生育期，也拓宽了玉米品种的选择范围，可根据小麦生育期及生产条件灵活选择品种。小麦单产6 382.5kg/hm^2，玉

米单产9 120kg/hm^2，一年光能利用达1.14%。在该地区采用80cm+40cm小麦窄带留行套种玉米的6∶2模式，利用不同作物产生的时间、空间差，合理增大了群体叶面积，提高了同化器官对光的截获率，通过提高作物群体光合作用生产能力而最终提高了产量。

小麦套种玉米带田种植高产形成机理，一是合理增加了叶面积指数且与作物生物学要求、与当地最佳自然资源相吻合；二是改善了群体的通风透光状况，表现出良好的边际效应；三是群体冠层分布合理，光合作用势高，群体光合作用速率高，光合作用净积累多。进一步提高产量，可通过调整作物行比、提早玉米播期、适当推迟小麦播期，延长玉米生长期特别是灌浆时间来达到。其初步结论可为麦田套种玉米的增产机理提供理论依据。

杨蕊菊（2005）利用最优回归设计排列，设计三因子五水平试验，三因子依次为小麦密度（小麦密度上限为525kg/hm^2，下限225kg/hm^2，零水平为375kg/hm^2），玉米密度依次为45 000、56 520、67 500、78 750、150 000株/hm^2，带幅因子依次为1.6（9∶1型）、2.13（10∶2型）、2.4（9∶3型）、2.56（7∶4∶型）、2.66（5∶5型）m，试验共设12个处理，3次重复，每小区行长5m，每小区设2个带幅结构，小麦行距13cm，带宽随种植模式的改变而变化；玉米行距40cm，玉米带宽随种植模式的改变分别设为1行、2行、3行、4行、5行，各处理均以带幅为1.5m的当地小麦/玉米带田作为对照，对照中，小麦带宽72cm，玉米带宽度78cm，小麦6行区，玉米2行区。在高产田条件下，研究不同小麦/玉米带幅、小麦密度、玉米密度为变化因子的种植模式对产量的影响。结果表明，不同种植模式小麦玉米带田产量有显著的差异，间作小麦带幅1.6m时产量最高，净增长率达26.35%，而在带幅为2.5m（5∶5）带型结构中间作玉米产量最高，其增产幅度达81.15%，总产量也最高，带田增产幅度达29.29%。相关分析得出带幅与总体产量、间作玉米产量呈极显著的正相关而与间作小麦产量则呈极显著的负相关。多元回归分析表明，单位面积穗数对间作小麦产量的贡献率最大，标准化回归系数为0.597，其次为穗粒重。逐步回归分析表明，决定间作小麦产量的最终因素为带幅、单位面积穗数、玉米密度、生物产量，这4个因素决定总体变异的0.896，决定间作玉米产量的主要因素为带幅和株高。

金绍龄等（1996）采用定位试验研究了不同肥料对小麦/玉米带田土壤肥力的影响及土壤培肥途径。结果证明：①带田不施肥时，肥力迅速降低，产量急剧减少；②在带田的产量构成中，玉米平均占61.7%，且其对肥料的依赖性远大于小麦；③N肥对带田产量特别是玉米产量起着主要作用，产量贡献率达55.2%~80.9%；④小麦对P肥反应明显，玉米对K肥反应明显；⑤有机肥料与无机肥料结合，以N肥为主，N、P、K平衡施肥是带田土壤培肥的基本途径。

3. 水肥耦合效应 张丽慧等（1996）研究表明，单独施用无机肥料虽可保持带田高产，但只有与有机肥料配合时才能促进土壤有机质的积累；带田生产中N肥损失率不低于42.1%~54.7%，说明改进施肥方法、提高N肥利用率仍是带田合理施肥的关键；施用无机P肥特别是与有机肥配合施用是提高土壤P肥力的有效措施，可提高有机P含量及其占总P量的比例，提高无机P中有效及缓效组分所占比例，降低难溶组分的比例；带田耗K强度高，必须注意K肥的投入。

郭永杰，汤莹，蔡德荣（2002）针对甘肃省河西绿洲灌区小麦/玉米带状种植中存在

的水肥管理问题，分析了带田栽培模式的水分效应和 N 肥效应。结果表明，施 N 量和灌水量对于产量的影响有明显的互补性，在绿洲灌区灌水量效应大于施 N 量效应。当获得同一产量和效益时，在一因子水平降低或升高的同时，可通过调节另一因子水平而获得，其调节量值应满足 $x_1 = 0.2 + 0.9x^2$ 的等效方程，影响产量的施 N 量（x_1）和灌水量（x_2）组合的技术合理区域是 $x_1 > 0.2 + 0.9x^2$ 时，灌水量效应大于施 N 量效应；$x_1 < 0.2 + 0.9x^2$ 时，施 N 量效应大于灌水量效应，并建立了灌水量和施 N 量在小麦/玉米带田上耦合效应方程及协同管理模型。同时得出，小麦/玉米带田产量随着施 N 量、灌水量的增加呈递减趋势，故当施 N 量对产量的效应方程及灌水量对产量的效应方程为零时，即在理论上当施 N 量为 420.0kg/hm^2、灌水量为 5 298.0m^3/hm^2 时，小麦/玉米带田可达最高产量。

杨蕊菊，柴守玺，马忠明（2011）采用 3414 最优回归设计方案，研究了水肥耦合对小麦玉米带田产量效应及土壤水分动态规律。结果表明，不同水肥耦合模式对带田作物的产量差异达极显著水平。在灌水量 4 800m^3/hm^2，施 N 肥 420kg/hm^2，P 肥 120kg/hm^2 的处理中，带田产量和水分利用效率达最高值，决定带田总体产量性状主要因子为 N 肥，其次为水分，N 肥对总体产量的绝对贡献率为 80%，水分对总体产量的绝对贡献率为 53%，总体产量与水分利用效率呈极显著的正相关（$r = 0.91$）。同一灌水条件下，小麦孕穗期，在 0 ~ 60cm 土层中，小麦带低 N 处理的土壤含水量显著高于高 N 处理，玉米带土壤含水量则差异不显著；小麦收获后，随 N 肥水平的增加玉米带土壤含水量差异极显著，0 ~ 80cm 复合群体土壤平均含水量呈现出随施 N 量的增加而减小。

索东让，孙宁科，吴国菁（1996）在张掖进行了小麦/玉米带田 P 肥分配方式及后效研究。试验表明，在小麦/玉米带田种植条件下，P 肥不仅当年增产显著，而且有明显后效，施 P 量越高，后效越大。带田小麦对 P 肥的反应明显大于玉米。等量 P 肥逐年分施的增产率与一次性施用相近，但耕层土壤速效 P 含量高于一次性集中施用。

李隆，金绍龄，张丽慧（1996）研究了小麦/玉米带田中光捕获、利用及干物质积累特点。结果表明，小麦/玉米带田间作在生物学产量及籽粒产量方面均有明显的间作优势，施肥对这种优势有促进作用。不施肥时，间作土地当量比为 1.21 ~ 1.26，施肥时提高到 1.35 ~ 1.59。产生这种优势的原因是光能捕获效率的提高，而非光能利用效率的提高。小麦在间作中竞争力相对强于玉米，合理施肥对这种强烈竞争有缓解作用，使玉米的不利地位有所改善。带田小麦实际干物质积累速率大于单作小麦，因为间作中，小麦仅占地 46.7%，速率却远大于单作的 50%；而间作玉米的干物质积累速率则大大低于单作玉米。

4. 钾肥效应　赵玺宏，尤美云，史桂森（1996）在河套灌区内蒙古临河市 N、P、K 三水平完全方案设计，研究了河套灌区带田玉米 K 肥效果和不同地力带田作物（小麦、玉米）的合理施肥问题。研究结果表明，下等地力地块带田（小麦、玉米）的经济最佳施 N 量为 29.5kg/亩，施 P_2O_5 量为 14.5kg/亩，产量 784kg/亩；中上等地力地块带田经济最佳施 N 量为 28.5kg/亩，施 P_2O_5 量为 13.98kg/亩，产量 964.4kg/亩；上等地力地块带田经济最佳施 N 量为 25.16kg/亩，施 P_2O_5 量为 10.66kg/亩，产量 1 066.6kg/亩。地力，养分及施肥间存在着密切的联系。地力产量同土壤速效 N、P、K 间存在着多元线性相关关系，而施 N 量与碱解 N 水平，施 P 量与有效 P 水平间均存在负相关关系。地力产量同最高产量及经济施肥产量间，均存在显著相关关系。

K 的吸收主要集中在中期，即拔节至吐丝阶段，这一阶段 K 吸收量占总吸收量的 98%左右，生产 100kg 玉米籽粒吸收 K_2O 1.66kg。带田玉米施 K 后增产效果显著，其经济最佳施 K 量 8.67kg K_2O/亩，产量 616.0kg/亩。施用 K 肥可明显提高带田玉米植株中 K 的浓度，每增施 1kg K_2O/亩，可提高 K 的浓度 0.0258%。

5. 氮素效应 金绍龄等（1996）1991～1992 年在甘肃张掖灌漠土上小麦玉米带田进行的试验结果表明：①带田小麦与玉米在共栖期对 N 资源存在着竞争，小麦的竞争能力大于玉米。②带田小麦的 N 吸收效率均高于单种，而玉米多低于单种，带田整体则高于当量面积的单种。③带田小麦的 N 利用效率多低于单种，玉米在施肥处理中多高于单种，而带田整体在多数情况下都低于当量面积的单种。④仅就 N 的营养而论，带田的间作优势几乎完全来自 N 吸收效率的贡献，N 利用效率的贡献或者为 0，或者为负值。

李隆等（1996）1992 年和 1993 年分别在临泽、张掖两地采用混料试验设计中的单形格子设计方法，进行了小麦/玉米带田玉米施 N 时期的定量研究。结果表明，定量地研究了小麦/玉米带田中等量 N 肥在玉米基肥、拔节肥和抽雄肥中的最优分配比例。小麦/玉米带田玉米施肥还必须考虑到小麦，将两种作物作为一个综合目标考虑。在带田玉米施纯 N 量 390kg/hm^2 的条件下，覆膜玉米（张掖点）N 的分配应为基肥 30kg/hm^2，拔节肥 315kg/hm^2，抽雄肥 45kg/hm^2，不覆膜玉米（临泽点）N 的分配应相应为 150kg、150kg 和 90kg/hm^2。

（二）春小麦、大豆带田

1. 增产效应 徐存才（1999）研究了张掖地区小麦大豆带田高产高效栽培技术的效应。结果如下。

（1）小麦大豆带田种植双高效应　双高效应，就是既提高作物产量又提高经济效益。试验证明，采用小麦大豆带田种植，比当地传统栽培的小麦增产 255kg/hm^2，麦豆总产量增加 2 610kg/hm^2，总产量提高 40%，总产值增加 6 464.70 元/hm^2，总产值提高 81.65%，增加纯收入 5 714.70 元/hm^2。

（2）小麦大豆带田种植的互补效应　通过改变资源配置方式，可发挥不同资源的互补效应。麦豆带田种植，田间麦高豆矮，形成复合群体，既发挥了小麦利用强光的能力，又利用了豆类相对耐阴的特点。因此，只要种植比例适当，带田内豆类产量与豆类单作时的产量相差不大，发挥了种植豆类经济价值高的作用。试验证明，麦豆比例在 2∶1 时，大豆的产量为 2 355kg/hm^2（带田大豆面积），比单作种植产量低 645kg/hm^2，带田大豆折合单产为 5 044.41kg/hm^2，比大豆单作产量提高 66.8%。

（3）小麦大豆带田种植的资源利用效应　小麦大豆带田种植带幅间自然通风透光良好，整个生长季节里小麦的叶面积较大，接受光能较多。因此，有效地提高了光能利用率，小麦大豆带田种植比单种小麦的光能利用率提高 0.016%。

据调查，小麦大豆带田种植，带幅间大豆植株平均结根瘤 95 个/株，根瘤干重平均为 2.39g/株，单瘤干重平均为 4.19mg。同时，根瘤的直径也比较大。豆类作物固 N 平均可达 75kg/hm^2，并且为当季小麦提供 N 32.5kg/hm^2。因此，小麦大豆带田种植后，小麦能更好地利用矿质养分，从而改善小麦的营养条件，提高了土地利用率。据计算，其土地当

量系数为1.8358，即土地利用率提高了83.6%。

（4）小麦大豆带田种植的抗病效应　小麦大豆带状种植由于通风透光条件得以改善，有利于小麦光合作用增强，提高了作物生长发育能力，保证了个体生长强壮，从而提高了小麦的抗逆性。据测定，小麦大豆带田种植小麦根病发病率为10.2%，单作小麦的根病发病率为24.7%，小麦大豆带田种植较小麦单种根病发病率降低了14.5个百分点。因而，小麦大豆带田种植大大减轻了小麦的根病为害，有利于作物稳产丰产。

（5）小麦大豆带田种植产量结构优化效应　在密度相同的条件下种植小麦，优化产量结构主要是增加穗粒数和提高千粒重。采用小麦大豆带田种植，带幅两边边际效应得以充分发挥，对产量结构优化具有明显作用。据试验结果，带田小麦穗粒数较单作小麦增加1.0粒，提高了3.2%；千粒重带田小麦较单作小麦增加0.05g，提高了0.1%。

2. 种植模式和技术要点

（1）种植模式　张掖地区的麦豆种植比例的配置：小麦大豆带田种植的带幅宽以85cm为宜，小麦带为45cm，种4行，小麦行距11.3cm，小麦播量450kg/hm^2，成穗数600万穗/hm^2；大豆带为40cm，种2行，大豆行距20cm，穴距23cm，每穴点种7粒，播量180kg/hm^2，保苗45万株/hm^2。

（2）技术要点

① 品种选择　小麦品种要选对大豆影响较小的矮秆、坚秆、叶片直立、株型紧凑、抗倒、抗病的高产品种。大豆品种要选择叶片直立、紧凑型、抗病的高产晚熟品种，种子要晒干、精选，要求纯度95%以上，发芽率95%以上，播种时种子要进行包衣。

② 备播　选择土层深厚、质地良好、肥力中等以上、灌溉方便的地块。前茬最好为薯类或非豆类作物茬，要建立合理的轮作制度。如果前茬也是小麦大豆带田，要实行小倒茬，即在一块田里麦幅与大豆幅1年互换1次位置，尽量避免重茬。前作收后，起高垫低，平整土地。深翻前撒施优质有机肥30~45 t/hm^2，为了防止地下害虫，用40%辛硫磷乳剂7.5kg/hm^{2}掺细沙土750kg，均匀撒施地表，然后深翻入土壤中。11月中下旬，当日平均气温降至-2~2℃时灌冬水，灌水量1 050~1 350m^3/hm^2。等地表黄干时耱地保墒。12月下旬至翌年1月下旬，当土壤全封冻后，用石滚或镇压器碾地保墒。

③ 播种　2月中下旬，当日均温稳定通过0℃时，整平土地，精细浅耕。结合浅耕深施化肥纯N 90~120kg/hm^2，P_2O_5 120~150kg/hm^2。燕麦草严重的地块，用40%燕麦畏乳剂3kg/hm^2，拌细沙土375kg，均匀撒施地表，随之翻入土中。施用燕麦畏的田块，要隔3~5d再进行播种，以免伤苗。小麦带幅60~70cm，播种6行小麦；大豆带幅30~40cm，点播2行大豆。用6行播种机，将播幅调节至60~70cm，行距10~14cm。按全田保苗390万~450万株/hm^{2}的要求确定播种量，并将播种机的播种量反复调节。在浅耕耱平、上虚下实、底墒充足的土地上，用长绳按90~110cm等距离划线，播种机沿"线"同侧播种，留下大豆带30~40cm，播深4~5cm，播种要做到深浅一致、带幅端直、不重播、不漏播、下籽均匀。4月上旬，在日均温稳定通过5℃时，尚未稳定通过10℃时，且不受早霜为害的原则下，可适当推迟大豆播种期，以尽量缩短与小麦的共栖期。春小麦2叶1心时，早灌头水，待地表黄干时，在预留的带内，在离两边小麦5~10cm处，错位

点播 2 行大豆。播深 5～7cm，小行距 20～30cm，每穴 2 粒，穴距 20～30cm，保穴 10.5 万～15.0 万穴/hm^2，保苗 15.0 万～22.5 万株/hm^2。

④ 田间管理

春小麦管理：在春小麦二叶一心期灌头水或三叶期灌头水，促蘖促穗。结合头水追施纯 N 15.0～22.5kg/hm^2。二水控制到拔节末期再浇，时间相隔 25～30d，以壮秆防倒。在小麦灌浆期有条件时可喷施磷酸二氢钾 1～2 次，每次 1.5kg/hm^2，加水 375kg 喷雾，可增加千粒重，促进早熟。不论什么时期，有草即除，为防止大豆受害，禁止使用 2，4-D 类除草剂。在小麦拔节孕穗期，要根据病虫预测预报，防治麦茎蜂 2 次，用 10% 氯氰菊酯乳油 300ml/hm^2 加水 750kg，于成虫羽化盛期喷雾。在小麦灌浆期，视麦蚜虫发生情况，防治 1～2 次，可使用 80% 敌敌畏乳油 750～900g/hm^2，加水 750kg 喷雾。春小麦成熟前浇好麦黄水，收割后要立即翻茬，深度 7～10cm，并结合翻茬施纯 N 15.0～22.5kg/hm^2，纯 P 45.0～67.5kg/hm^2，翻茬后要立即灌水。

大豆管理：大豆出苗后，要及时查苗补苗，缺苗较多时，要在缺苗处灌水创墒，采用浸种催芽的种子补种；缺苗较少时，可移苗补栽，栽后按穴灌水，保证成活。同时，要在大豆带内进行除草，注意不要伤苗，利于保墒和增温。在大豆翻茬灌水几天后，要进行第二次中耕除草，深度 6～8cm，并结合中耕、除草进行培土，培土高度 5～10cm。大豆最常见的是蚜虫，要注意及时防治；若发现食心虫、豆天蛾、大豆螟等害虫为害时，也要及时防治。

⑤ 适时收获

小麦收获：小麦于蜡熟中后期及时收获，捆子要随即拉运上场，以利大豆生长和翻茬。在收获小麦时谨防伤害大豆苗。

大豆收获：大豆不宜收获过早，以利茎秆物质充分向籽粒运输，适当晚收还可以降低籽粒含水量。当植株叶子变黄且大部分脱落，豆荚和豆粒都呈现出该品种固有的颜色，茎秆枯黄但不易折断，籽粒与豆荚壁脱离，摇动植株有响声时为最佳收获期。

此外，孙建好，郭天文，杨思存（2001）研究得出在小麦/大豆带田中，腐殖酸类肥料单施增产效果不明显，与 P 肥配施大豆产量提高 261.9kg/hm^2，与 N、P 肥配施小麦产量提高 305.6kg/hm^2。腐殖酸类肥料与 P 肥配施较单施 P 肥的大豆荚数和粒数分别增加 1.6 个和 0.3 粒；腐殖酸类肥料与 N、P 肥配施较只施 N、P 肥的小麦千粒重提高 2.5g。施用腐殖酸类肥料能提高小麦/大豆带田作物产量稳定性，且较常规施肥节约 10% 的 N、P 肥。

3. 产量效益和经济效益 春小麦、大豆带田不仅能增收大豆，而且还能大幅度提高小麦产量。实行小麦套大豆，可以利用两种作物生育期互补的特点，变一年一熟为一年两熟，由利用农业生产粮、油二元结构向粮、经、饲三元结构转化。带田内作物的高矮带状结构，不仅形成了立体、分层、交错用光的特点，而且形成了带田内的空气走廊，使作物的光能利用率比小麦单种提高了 39.3%，同时 CO_2 含量增加了 7%～17%。春小麦产量 4 500～5 250kg/hm^2，大豆产量 1 500～2 250kg/hm^2，混合产量 6 000～7 500kg/hm^2，要求春小麦成穗 450 万～525 万穗/hm^2，每穗粒数 25～30 粒，千粒重 40～45g；大豆保株 15.0 万～22.5 万株/hm^2，每株粒数 50～60 粒，千粒重 190～210g。

（三）蚕豆、马铃薯带田

见于内蒙古、山西西部、青海等地。

1. 技术要点

（1）选地　选择土层深厚，土质良好，灌溉方便或土壤墒情较好的地块种植。

（2）播种　蚕豆选用中秆、分枝性强、结荚率高的品种。马铃薯选用品质好、产量高的品种。3 月中旬播种，播种量 21～23kg/亩，采用手溜点播或机械点播；播种深度6～7cm，行距 25cm，株距 24～20cm，带幅宽 1.5m，基本苗 1.1 万～1.3 万株/亩。马铃薯选用株矮、分枝强的脱毒品种；4 月中下旬播种；播种量 130～150kg/亩。采用双垄双行种植，先覆膜后播种，三角形点播，垄宽 90cm，带幅宽 1.8m，株距 30～28cm，基本苗 0.4 万～0.45 万株/亩，行向以东西方向最佳。

（3）施肥　施有机肥 3 000～4 000kg/亩，蚕豆施化肥尿素 3kg/亩，磷酸二铵 15kg/亩，折纯 N 4.08kg，纯 P 6.9kg，N：P = 1：1.70；马铃薯施尿素 13kg/亩，磷酸二铵 13kg/亩，折纯 N 8.32kg，纯 P 5.98kg，N：P = 1：0.72，肥料均为基肥，沟施。

（4）田间管理

① 蚕豆的田间管理

出苗至现蕾期：查苗补苗。5～6 片叶时中耕松土、锄草、间苗、定苗、浇苗水。对三类苗追施尿素 1～1.5kg/亩。

开花至结荚期：2 次锄草。天旱时浇 2 遍水。用 $KH_2PO_4$150kg/亩。加水 50kg，叶面施肥 1～2 次。出现病虫害按药剂使用要求，点、片防治。

饱荚至成熟期：天旱时轻浇 1 次水。株高 1 ～1.1m，主茎开花 9～11 层时，于晴天摘心打顶，摘一心一叶。

② 马铃薯的田间管理

出苗至孕蕾期：在 80%～90% 的幼苗顶膜时，及时放苗，放苗后将穴用湿土封严，发现缺苗及时补栽。

孕蕾至盛花期：用 $KH_2PO_4$150g/亩，尿素 0.5～1kg/亩，加水 50kg，叶面喷施 1～2 次，在生育期发现中心病株立即挖出深埋。

（5）适时收获　蚕豆有 70%～80% 的叶子变褐色，下端荚角变褐色而表现干燥状态时，立即收获；马铃薯 80% 的茎叶由绿转黄色，达到枯萎，块茎停止膨大易与植株脱离时收获。

2. 产量效益和经济效益　郝桂霞，周文山（1998）研究，蚕豆套种地膜覆盖马铃薯带田和马铃薯不覆膜带田平均混合产量分别为 504.4kg/亩和 465.1kg/亩。较单种蚕豆亩产平均 383.4kg，分别高 121.0kg/亩和 51.7kg/亩，较单种马铃薯平均亩产分别高 106.6kg/亩和 67.3kg/亩。表明带田较单种具有明显的增产性。马铃薯覆膜带田较不覆膜带田，平均混合产量高 39.4kg/亩，增产 8.4%。

本章参考文献

1. 曹广才等 . 1997. 北方旱区多作高效种植 . 北京：气象出版社

2. 柴良植，刘世铎，李得举 . 1997. 大力发展间作套种提高灌区综合效益 . 干旱地区农业研究，15（2）：37 ~ 43.

3. 陈杨，李隆，张福锁 . 2005. 大豆和蚕豆苗期根系生长特性的比较 . 应用生态学报，16（11）：839 ~ 842

4. 高阳，段爱旺，刘祖贵等 . 2008. 玉米和大豆条带间作模式下的光环境特性 . 应用生态学报，19（6）：1 248 ~ 1 254

5. 高阳，段爱旺，刘祖贵等 . 2009. 单作与间作对玉米和大豆群体辐射利用率及产量的影响 . 中国生态农业学报，17（1）：7 ~ 12

6. 古世禄，郭志利 . 1996. 谷豆分带种植对谷子生理过程的影响 . 生态农业研究，4（4）：26 ~ 30

7. 古世禄 . 1996. 谷子（粟）产量构成因素主次关系的研究：谷子研究新进展 . 北京：中国农业科技出版社

8. 郭永杰，汤莹等 . 2002. 河西绿洲灌区小麦/玉米带田水肥耦合效应与协同管理模型 . 甘肃农业科技，（4）：34 ~ 35

9. 郭志利 . 1998. 谷豆条带种植方法 . 山西农业，（5）：5

10. 郭志利，孙常青，卢成达 . 2009. 谷豆覆膜条带种植技术及其光合作用水分变化研究 . 中国生态农业学报，17（5）：909 ~ 913

11. 郭志利，孙常青 . 2009. 旱地谷子大豆覆膜条带种植技术 . 农业科技通讯，（8）：158 ~ 159

12. 郝桂霞，周文山 . 1998. 浅山地区蚕豆马铃薯带田栽培技术及增产效益浅析 . 青海农林科技，（1）：12 ~ 14

13. 郝荣琪 . 2011. 绿豆高产栽培技术 . 吉林蔬菜，（3）：29 ~ 30

14. 郝艳如，劳秀荣，孟庆强等 . 2002. 玉米∥小麦间作对根际土壤和养分吸收的影响. 中国农学通报，18（4）：20 ~ 24.

15. 侯贤清，韩清芳，贾志宽等 . 2009. 宁南旱区坡地等高条带轮种对谷子产量及光合作用特性的影响 . 西北农业学报，18（5）：181 ~ 185

16. 胡新元，郭天文等 . 2001. 河西绿洲灌区小麦/玉米带田高效种植方式研究 . 甘肃农业科技，（5）：11 ~ 13

17. 黄高宝，黄鹏，柴强等 . 1999. 小麦玉米套作复合群体生长特征与生产力间的关系 . 甘肃农业大学学报，34（3）：263 ~ 269

18. 籍增顺等译 . 1991. 农业生态学—替代农业的科学基础 . 太原：山西科技出版社

19. 金绍龄，李隆，张丽慧等 . 1996. 小麦∥玉米带田土壤肥力变化及培肥Ⅰ. 肥力变化及各种肥料对作物产量的影响 . 干旱地区农业研究，24（5）：49 ~ 54

20. 金绍龄，马永泰 . 1999. 小麦/玉米带田作物氮营养特点 . 西北农业大学学报，（5）：34 ~ 38

21. 李来祥，刘广才，李隆 . 2008. 小麦/玉米间作优势及地上部与地下部因素的相对贡献研究 . 干旱地区农业研究，26（1）：74 ~ 80

22. 李隆，金绍龄，张丽慧等 . 1996. 小麦/玉米带田玉米施氮时期的定量研究 . 西北

农业大学学报，24（5）：68～74

23. 李隆，张丽慧，金绍龄等.1996. 小麦/玉米带田不同用量氮肥残效及回收率. 干旱地区农业研究，24（5）：62～68

24. 李清泉，王芳，王成.2007. 旱地谷子绿豆分带等宽栽培增产效果初探. 作物杂志，(2)：71～72

25. 李清泉，王芳，王成等.2007. 北方旱地谷子绿豆立体栽培技术研究. 黑龙江农业科学，(5)：38～40

26. 刘春寿，赵宪邦，余伟才等.2010. 祥云县山地玉米间种大豆2.3米条带种植见成效. 农业科技通讯，(5)：141～142

27. 刘浩，段爱旺，孙景生等.2007. 间作模式下冬小麦与春玉米根系的时空分布规律. 应用生态学报，18（6）：1 242～1 246

28. 刘建国，姚成等.2001. 南疆小麦/玉米带田群体特征研究. 耕作与栽培，(2)：11～13

29. 刘作新，郑昭佩，王建.2000. 辽西半干旱区小麦、玉米水肥耦合效应研究. 应用生态学报，11（4)：540 ～544

30. 沈荣开，王 康，张瑜芳等.2001. 水肥耦合条件下作物产量、水分利用和根系吸氮的试验研究. 农业工程学报，(5)：35 ～38

31. 宋日，牟瑛，王玉兰等.2002. 玉米、大豆间作对两种作物根系形态特征的影响. 东北师大学报自然科学版，34（4）：83～86

32. 孙刚，郭金胜.2008. 玉米大豆交互换带种植保护性耕作技术. 杂粮作物，28（2）：99～100

33. 孙建好，郭天文，杨思存等.2001. 腐殖酸类肥料对小麦/大豆带田产量的影响. 甘肃农业科技，(1)：358～369

34. 索东让，孙宁科，吴国菁等.1996. 小麦/玉米带田磷肥分配方式及后效研究. 西北农业大学学报，24（10）：75～79

35. 徐存才.1999. 张掖地区小麦大豆带田高产高效栽培技术效应的研究. 甘肃农业科技，(6)：17～18.

36. 杨海，赵裕民.1999. 蚕豆与覆膜马铃薯带状田栽培技术规范. 青海农林科技，(3)：50～51

37. 杨蕊菊.2005. 小麦/玉米带田种植模式优化效应研究. 西北农业学报，(6)：44～49

38. 张丽慧，金绍龄，李隆等.1996. 小麦/玉米带田土壤肥力变化及培肥Ⅱ. 不同肥料对土壤养分含量变化的影响. 西北农业大学学报，24（5）：56～61

39. 张恩和，胡华.1997. 小麦玉米带田根系竞争和补偿效应研究. 甘肃农业大学学报，(4)：295～299

40. 张恩和，李玲玲，黄高宝等.2002. 供肥对小麦间作蚕豆群体产量及根系的调控. 应用生态学报，13（8)：939～942

41. 赵玺宏，尤美云，史桂森.1996. 河套灌区带田玉米钾肥效果试验. 内蒙古农业

科技，(3)：1 107 ~1 110

42. 朱玉廷，郭金胜 . 2008. 玉米大豆换带种植新技术 . 新农业，(3)：18 ~19

43. Jensen R G, Raynes D A, Seftor R E B, et al. 1987. Regulation of CO_2 fixation by the ribulose 1, 5-Bisphosphate car-boxylase in the chlorplast. Progress in Photosynthesis Research. Vol Ⅲ：273 ~279

44. Sandhu K S, Arora V K, Ramesh Chand, Sandhu B S, Khera K L, Chand R. 2000. Optimizing timedistribution of water supply and fertilizernitrogen rates in relation to targeted wheat yields. Exp-agric, 36 (1)：115 ~ 125

45. Thomp son T, Doerge T A, Godin R E. 2000. Nitrogen and water interactions in subsurfacedrip irrigated cauliflower. Ⅱ. Agronomic, economic, and environmental outcomes. Soil Science Society of America Journal, 64：406 ~ 411

46. Ziska L H, Teremura A H. 1992. Intraspecific variation in the response of rice (Oryza sativaL.) to increased CO_2-photosynthetic, biomass and reproductive charcteristics. Physiol. Plant, 84：269 ~276

第三篇　果园间作

第一章　果粮间作

第一节　枣粮间作

一、分布地区

枣粮间作是枣树与粮食作物间作的一种立体种植模式。这一种植模式适用范围很广，在年大于0℃积温高于4 000℃，无霜期190d以上的平原或半丘陵地区，均可进行枣粮间作。枣树具有根量少，扩冠慢，枝叶稀疏，春季发芽晚，秋季落叶早，遮阳少等特点，与其他农作物间作种植可以充分利用光、热、水、肥资源，起到调节田间小气候，防干热风、防风固沙、保持水土的作用。在河北、山东、河南、陕西、山西及中国北方大部分省（自治区），人们利用枣粮间作作为防风林网来防风固沙，使生态环境得到了很好的改善。同时，枣粮间作还实现了枣粮互利双赢，被人们形象地称为“上有摇钱树，下有聚宝盆”。由于枣树与粮食作物在光、热、水、肥资源利用上的互补性及显著的经济、社会、生态效益，使枣粮间作这一种植模式在中国得到广泛应用，现已成为中国南北枣区主要的农作模式。

二、理论依据

枣粮间作，是利用两者生长过程中的时间和空间差异，进行合理搭配，构成前后交错、上下分层的复合型群体，使土地、肥水和太阳能等自然资源得到充分利用，从而达到枣粮丰产的目的。

（一）枣树与间作物之间存在着差异较大的物候期，有利缓解肥水竞争的矛盾

枣树是发芽晚、落叶早、年生长时期比较短的果树。以河北省廊坊市为例，枣树一般在春季4月中下旬萌芽、长叶，到10月中下旬落叶，小麦则在10月上旬播种，翌年6月上中旬收获，枣树与小麦的共栖期在80～90d。在枣树尚未进入旺盛生长、树冠叶幕尚未形成时，小麦已基本完成返青起身、拔节的生长过程。4月底至6月上中旬是小麦孕穗至成熟期，以吸收P、K肥为主，N肥为辅。而枣树正是长叶、分化幼芽和生长新枣头的时期，以吸收N肥为主，P、K肥为辅。因此，枣树与小麦间作，争肥争水的矛盾不大。6月上中旬枣树进入开花坐果期，需肥处于高峰期，小麦则开始收获。而刚刚播种的大豆、谷子等作物，尚处于出苗期，需肥量较小，一般不影响枣树的开花坐果。9月中下旬枣树

采收后，为储备营养物质，枣叶需 P、K 肥数量上升，但小麦尚处在出苗期，对 P、K 肥吸收量较小，而且小麦播种前又施足了底肥，故此枣树与小麦争肥的矛盾不大。

（二）枣树特有的树冠结构和枝叶分布特性，有利于提高光能利用率

枣树树冠较矮，枝条稀疏，叶片小，遮光少，透光率较大，实行间作种植基本不影响间作物对光照强度和采光光量的需求。如枣树与小麦间作，小麦从返青到拔节期，要求一定的光照强度和采光量，而此时枣树刚刚萌发不久，基本上不影响小麦的光照。5 月上旬至 6 月初，小麦进入抽穗、扬花、灌浆成熟期，要求光照强度和采光量仅为全光照的 25% ~30%，此时枣树枝叶进入速长期，枣叶展开后，单叶面平均在 7.4 ~9.8cm^2，随风摆动形不成固定的阴影区，基本上可满足小麦对各生育阶段光照的要求。枣树与谷子或豆类间作，由于谷子、豆类都属于光饱和点较低的耐阴作物，因此，间作可满足其对光照的要求。枣树与夏玉米间作，虽然夏玉米是喜温作物，光饱和点较高，但由于是 C_4 植物，光补偿点较低，具有短日照、高光效的特点，在弱光照下仍可积累较多干物质，故枣树与夏玉米间作也能满足其对光照的要求，且有较高产量。

（三）枣树根系与间作物根系在土壤中的分布不同，有利于充分利用肥水资源

枣树根系的分布以水平为主，集中分布在树冠内 30 ~70cm 土层内，占根系总量的 65% ~75%，树冠外围根系分布稀疏、密度小，而间作物的根系则集中分布在 0 ~20cm 的耕层内。枣树主要是吸收 30cm 以下深土层肥水，且以树冠内为主。而间作物主要吸收 20cm 内耕层的肥水，以树冠外为主。因此，枣粮间作能够充分利用不同土层肥水资源。

（四）枣粮间作能够改善土壤肥力，有利用地与养地有机结合

枣粮间作系统具有较高的生物量，收获后残留物较多，特别是枣树，除去果实外，其余枝叶残留物均埋于土壤内，能提高土壤的有机 C 含量。同时，由于枣树林网的防护作用，可降低有机物的分解速率，免受侵蚀，减少了淋溶，较好地保持了有机质和养分含量较高的表土层，肥力水平提高，固 N 菌数量降低。固 N 菌数量是对土壤缺 N 的适应性反应。据南京林业大学徐呈祥等（2005）对有关数据分析，单种麦田的纤维细菌数量和纤维分解强度为 100%，而与枣树间作的麦田这 2 项指标的相对值分别为 106.5% 和 36.5%；0 ~20cm 深土层转化酶的活性枣粮间作田也显著高于单种麦田，中等肥力麦田的平均值为 4.78，而枣树行间麦田的值达 6.94。因此，合理的枣粮间作既有益于区域生态系统的良性循环，又能充分合理地利用土地资源，是用地与养地相结合的较好方式。

（五）枣粮间作能够改善田间小气候，有利于提高间作物抗灾减灾能力

在北方干旱地区，进入 5 月下旬以后，由于空气湿度极小，常造成干热风，这样容易使小麦早衰，从而减产。如与枣树进行间作，由于枣树蒸腾作用提高了园区的空气湿度，同时由于枣树的防风作用也减轻了干热风的为害程度，进而达到间作物增产的目的。

三、枣树的树龄选择

枣粮间作要根据树龄大小合理安排种植模式。幼龄枣树生长较慢，定植后4年内，枣树分枝量少，扩冠慢，树下及林间遮阳少，可满足光饱和点较低的作物对光照的需求，此时可进行林下与林间间作种植。7～8年后，枣树分枝能力逐渐增强，枝量明显增多，树冠不断向外扩展，结果部位增多，枣树树下遮阳面积加大，透光率下降，且地下根量明显增多。此时进行林下间作，枣树与间作物争光、争水、争肥矛盾突出，对作物、枣树产量均造成很大影响，此时已不再适宜进行林下种植作物，可进行林间或林缘间作。

四、适于间作的农作物种类

枣粮间作的关键技术，就是通过调节枣树与间作物之间争光、争水、争肥的矛盾，达到枣粮互惠、互利，实现枣粮双赢。选择适宜的间作物进行合理搭配，是调节枣树与间作物“三争”矛盾的重要技术之一。适宜枣粮间作的间作物应具备与枣树需肥、水、光等物候期交错，植株矮小，耐阴性强，成熟期较早的特点。常用的间作物有小麦、玉米、豆类、薯类、谷类等。麦类植株小，根系分布浅，光饱和点较低，物候期与枣树物候期相互交错，是枣粮间作理想的作物；豆类耐阴性强，生长周期短，成熟早，自身又具有固N作用，是实行枣粮间作较好的作物；而玉米、谷子等光饱和点较高的作物，与枣树间作必须搞好合理布局和配置，采取“矮—高—矮”或“矮—中—高—中—矮”的配置组合，在靠近枣树的一边，可以先种植几行豆类作物，不仅利于通风透光，还便于树下管理，达到枣粮双丰收。

五、间作系统土壤养分利用与空间分布特征

间作系统土壤养分的空间分布，在垂直面上，土壤养分含量随土层深度的不断增加而逐渐减少，并且距离果树越远，土壤养分的垂直递减梯度越小；在水平方向上，土壤养分含量随着与枣树间距的加大而增多，离枣树越近，土壤养分含量越少。在枣粮间作系统中，枣树与各种作物根系的入土深度、对不同营养元素的需要量及吸收养分的形态均有差别。为更好地促进间作系统土壤养分的均衡利用，近年来，许多科研专家以根系种间相互作用为切入点，针对间作系统土壤养分利用，做了很多有益的探索，积累了一定的宝贵经验。如中国科学院尹飞，毛任钊等（2008～2009）在关于“枣粮间作养分利用与表观损失空间差异性”一题的研究认为，枣粮间作系统各组分对土壤养分利用，存在明显的空间差异性。间作小麦对N、P吸收量随着与枣树种植行距离的缩小而表现出加速下降的趋势，且在距枣树种植行4.5m范围内表现出显著降低；间作玉米对N的吸收也存在着明显的空间差异性，距枣树4.5m处玉米吸收N量显著降低；间作枣树根系在水平方向上主要分布于距枣树种植行3m的范围内，枣树吸收N、P养分的范围均为距枣树3m范围内，特别是距枣树种植行2m范围内，且以距枣行2m处吸收量最大，枣树在距枣行4m处吸收N、P量很小。这与间作作物吸收N、P的空间变化特征正好相反，枣粮间作系统各组分在土壤养分利用方面存在空间互补性，使间作系统不同土层的土壤养分均得到了充分利用。

六、间作系统的小气候分布特征

为充分掌握间作系统内部小气候分布特征，科学规范枣粮间作模式，新疆林业科学院造林治沙研究所史彦江，卓热木·塔西等（2010），针对枣农间作系统小气候水平分布特征进行了深入研究，并得出以下结论：枣农间作系统小气候在水平分布上表现为，系统内平均光照强度、气温、地表温度和平均风速均比对照低，而平均空气相对湿度比对照高。系统内小气候不同位置及一天当中的不同时间段，在水平分布上表现为：上午光照强度呈上升的趋势，下午光照强度呈下降趋势，上午树冠东侧受光量较多，下午树冠西侧受光量较多，上午、下午总体受光量大致相同；受光照和遮阳度分布不平衡的影响，光照强度表现为行东、行西均小于行中；温度、地表温度、风速和空气相对湿度也存在差异，但差异不显著。另据南京林业大学徐呈祥等（2005）观测，枣粮间作田的气温在5～9月间较一般大田降低0.10℃，而相对湿度提高2.5%（其中，尤以6月的差异较大：间作田气温比对照低0.33℃，相对湿度高7.34%）；蒸发量平均降低9.5%；耕作层土壤含水量提高2%～5%，发生的干热风次数大为降低，风速减小，为害减轻。枣粮间作不仅改善了田间小气候，还提高了间作物抗灾减灾能力。

七、种植规格和模式

目前，生产上枣粮间作可分为以枣为主、以粮为主、枣粮兼顾3种种植模式。各地应根据生产条件和需要，因地制宜选用适宜的间作模式。

（一）以枣为主、以粮为辅的间作模式

适用于地多人少，土地瘠薄，生产条件相对较差的地区。每公顷枣树占地面积约6 480m^2，粮食作物占地面积约3 520m^2，枣树占地大于粮食作物占地面积。枣树行距6m，株距4m，栽植枣树555株/hm^2，可间作种植一季小麦。

（二）以粮为主、以枣为辅的间作模式

适用于地少人多的地区，每公顷枣树占地面积2 640m^2，粮食作物占地面积7 360m^2，枣树占地面积小于粮食作物占地面积。枣树行距15m，株距4m，栽植枣树165株/hm^2。在枣树幼龄期可间作种植春大豆、春薯等一些适宜春播的作物。成龄枣树可以间作种植冬小麦—豆类、夏玉米、夏薯等上下两茬。

（三）枣粮兼顾的间作模式

适用于人口均衡，农业生产条件较好的地区。每公顷枣树占地面积约5 040m^2，粮食作物占地面积约4 960m^2，枣粮占地基本持平。枣树行距8m，株距4m，栽植枣树315株/hm^2，可以间作种植冬小麦—大豆等上下两茬。

八、技术要点

（一）枣树栽培要点

1. 选苗 选用二年生的主干直、侧枝明显、根系完整、无机械损伤、无病无虫、优质健壮的金丝小枣苗木。

2. 栽植

（1）种植时间 具体栽植时间应遵循春晚、秋早、夏连阴天的原则。河北省春季栽植可在3月中下旬；夏季栽植宜在7～8月份；秋冬栽植宜在10月下旬。

（2）栽植方法 按株行距定点位挖坑，一般坑深35cm，直径30cm。栽时把树苗垂直放入坑中，先填表土，后填心土。填平后，将树苗向上稍提，使根系与土壤密切接触，并扶苗踩实土坑，同时，在树苗周围培土高于地面5cm左右的圈坑，以利浇水。待水渗完，覆干土培成土台。

（3）注意事项 一是在盐碱较重的土壤栽植枣树，应采取良好客土、铺肥、覆盖薄膜、栽前掘坑、晒土淋碱等改碱措施。丘陵地区栽枣树也应采取客土、施肥等措施以利于枣苗成活；二是夏季栽植枣树，要剪除部分侧枝或叶片，以减少水分蒸发；三是在寒冷地区秋季栽植枣树时，如苗木较小，栽后应采取埋干、绑草等防冻措施；四是枣苗远途运输，必须在起苗、蘸浆包装好后进行。

3. 枣树的管理

（1）肥水管理

① 适时施肥 根据枣树的树龄大小、树势强弱、结果量、土壤状况等确定施肥量。

秋施基肥：一般在果实采收后，于树周围开沟施足基肥，每株成龄结果树，一般施有机肥50～70kg，P肥1～1.5kg，尿素0.5kg。

适时追肥：一般在花期和幼果期各追施一次速效化肥，做到N、P、K合理搭配，不可单一追施N肥，以免造成徒长而引起落花落果。

② 合理浇水

催芽水：4月上旬枣树发芽前浇一次催芽水，以促进枣树枝芽萌发和花芽分化，以利枝条健壮生长。

花期水：花期是枣树需水最多的时期，及时浇水可防止因干旱引起的焦花，减少落花落果。浇水时期一般在6月初枣树“开甲”前进行。

幼果水：一般在7月上旬枣树生理落果后进行，可促进果实生长发育，减少后期落果，提高坐果率。

（2）整形与修剪

① 枣树的整形 树形以疏散分层形为宜。

疏散分层形：有主枝7～8个，第一层有主枝3～4个，第二层2～3个，第三层1～2个。第一层主枝与第二层主枝层间距100～120cm，第二层与第三层间距50～60cm。每个主枝上再选留2～3个侧枝。各主枝要插空选留，侧枝要合理搭配匀称，使之充分占满空间。

定干：枣树生长比较缓慢，定植后 2 ~3 年内不必剪截。当小枣苗高 120 ~150cm、径粗 2.8 ~3.5cm 时即可定干。若剪口下整形带内的二次枝生长细弱时，可从基部剪除，利用主干上的主芽萌发抽生新枣头，培养成中心主干和主枝；若剪口下整形带内的二次枝基部粗达 1.5cm 时，除将第一个二次枝由基部剪除，利用主芽培养中心枝外，其下 3 ~4 个二次枝留一枣股剪掉，利用枣股主芽发枣头培养主枝。

②枣树的修剪　枣树的修剪可分为冬季修剪和夏季修剪。

A. 冬季修剪　一般在枣树落叶后至翌年 4 月上旬，对结果期枣树或老树更新进行冬季修剪。

结果期枣树的修剪：修剪可增加骨干枝，增生新枣头和新枣股，加大结果面积，保持高产稳产和各骨干枝分布均匀，中小枝条疏密适中，通风透光良好。对幼果树修剪是为培养骨干枝。盛果期枣树进行适当修剪结合“开甲”能高产和不断增生新枝，使树势不断复壮，但不宜重剪，一般掌握“一疏、二缩、三培养”的原则。一疏即疏除轮生枝、交叉枝、并生枝、重叠枝、过密枝和病弱枝，使其树冠打开层间，通风透光，为保留下的各级枝条创造良好的生长条件；二缩是回缩下垂的骨干枝和细弱冗长的结果枝组，抬高枝头角度，一般回缩至生命力强的壮股、壮芽处，使其萌生新枣头；三培养，经上述修剪后，膛内萌生出一些新枣头，对这些枣头每 60cm 左右选留 1 个，培养成枝组，过密的疏掉。对留下的枣头，在 5 月下旬至 6 月上旬，进行夏季摘心，抑制延长生长，促进二次枝的生长，增加枣股数，提高产量。一般盛果期枣树修剪后，枣股留量以2 000 ~ 2 500个比较合适，能保持连年高产稳产。

老树更新修剪：衰老树表现一般都是各级枝生长衰退，主侧枝上枣股和多年生枣头上的二次枝死亡，枣吊抽生少而且短，生长弱，开花少，坐果率低，如及时更新修剪可恢复树势和产量。根据树势衰老程度和有效枣股的多少，进行轻、中、重更新处理。轻更新：当树体刚刚进入衰老期，有效枣股在1 000 ~ 1 500个时，应采取轻度回缩的办法，剪掉枝条总长的 1/3 左右，压缩至良好分枝处，以新分枝代头。并进行照常“开甲”，使其保持一定的产量；中更新：当枣树二次枝及枣股大量死亡，产量急剧下降，有效枣股在 500 ~ 1 000个时，可采取中度更新的办法，即锯掉骨干枝总长度的 1/2，并停甲养树 1 ~2 年；重更新：当枣树骨干枝秃棵，各级枝大量死亡，有效枣股在 300 ~500 个时，可进行重度更新，在向外生长的壮枝、壮股处锯掉骨干枝总长度的 2/3，使其萌发新枝，并停甲养树 2 ~3 年，以利于新树冠的形成。

B. 夏季修剪　一般在 5 月下旬至 6 月中旬进行。包括新梢生长期间的疏枝、开角、摘心和开甲等，均应在未木质化以前及时疏掉，以减少养分消耗，提高坐果率。

开角：即开张主、侧枝的角度，对幼树整形。一般第一层主枝的角度保持在 50 度左右为宜，可用木棍支撑或铅丝、绳拉，也可用坠石法下压。

摘心：当幼树高达 1.5m，直径超过 1cm 时，即可在定干高度进行摘心，以促进侧枝的发生和主干的充实。其他枣头萌发后，当年生长较快，应依据其生长强弱及枣头着生部位进行摘心。弱枝、水平枝、二次枝上的枣头轻摘，强旺枝、延长枝和更新枝上的枣头重摘。一般摘掉 10cm 左右，摘心口下保留 4 ~6 个二次枝为宜。摘心时期多在盛花期进行。

开甲：枣树开甲能够起到节流养分的作用。开甲后暂时隔断了叶片制造的有机营养向

根部运输的通路，使其积累在枝叶上，有利于开花结果，提高产量。开甲适期在半花蕾期，即每株枣树的开花量达30%时进行，此时开甲坐果率高、甲口愈合好。枣树多在15年生以后，进入大量结果期才开始第一次开甲。初次开甲的枣树，甲口距地20～30cm处主干上开始，以后逐年上移，两年之间甲口相距3～5cm。开甲方法是先用刮刀将树干老皮刮掉一圈，宽1～1.5cm，深以露出白色韧皮部为宜，随即用快刀在刮口处横切一圈深达木质部，切断韧皮。再在其下相距0.4～0.6cm处横切一圈（与上等距）切线要直，最后把两横口中间的韧皮扒出。注意甲口下缘应向外倾斜，这样不易积存雨水，有利甲口愈合；开甲后3～5d将甲口涂药泥，以防病虫侵害；对小树（未达15年生）、弱树、破肚树不开甲；不到开甲适期不开甲；更新复壮可停甲养树。

（3）病虫害防治　枣树病虫害主要有枣黏虫、枣尺蠖、桃小食心虫、枣疯病等。

①枣黏虫　又名“枣实蛾”，主要以幼虫为害枣叶、花、果。为害时在枣树发芽处蛀入，食害果肉，造成落果，严重影响树体生长及开花结果。防治方法：一是在9月以前在树干分杈处绑草把，引幼虫化蛹，落叶后解下草把，刮除贴在树皮上的虫茧，集中烧毁。二是在枣芽长至3cm时，喷施50%辛硫磷乳剂1 500～2 000倍液，杀灭第一代幼虫。此期若未能控制，可在第二代幼虫盛期（即枣树现蕾前后）进行第二次药剂防治。三是用黑光灯诱杀成虫。四是有条件的枣园，可在成虫发生期，采用性诱剂进行防治。

②枣尺蠖　又名“枣步蛐”，在各枣区普遍发生且严重。往往在刚发芽时就遭受其幼虫为害，随幼虫长大，食量增加，可把叶片吃光，再转移到梨、苹果等果树上为害。防治方法：一是在冬春季深翻枣园，可杀灭集中于5～10cm土层中的虫蛹。二是早春在树干距地面30～60cm处绑扎10cm宽的塑料薄膜，其上涂以机油，可阻止雌虫上树，并能杀死雌蛾；对初孵幼虫也有阻止其上树为害的效果。三是对3龄前的幼虫，可喷洒溴氰菊酯2 500～3 000倍液进行除治。

③桃小食心虫　简称桃小，俗名枣蛆，是枣树重要害虫之一。防治方法：一是冬春翻刨枣园时，收集树上及根茎附近土中的虫茧，敲碎销毁；二是6月上旬在距树干1m范围内的地面上撒辛硫磷药粉，撒后搂耙均匀。三是在幼虫出土盛期，离树干1m范围内，培10～15cm高的土堆，拍实，以防止羽化的成虫出土。四是8月上旬开始，及时拣拾落果，消灭落果中的幼虫，并结合虫情预报，用50%辛硫磷1 500～2 000倍液、2.5%溴氰菊酯3 500～4 000倍液进行除治。

④枣疯病　枣疯病在各区均有发生，为害相当严重，能造成枣树大量死亡。防治方法：一是及时铲除病株、病蘖，防止扩大传播蔓延。二是在无病区取接穗或分根繁殖无病苗木。三是加强肥水管理，增施有机肥，扩大树穴，增强树势，对病枝要从基部锯除。四是秋季清除枣园杂草，减少叶蝉越冬，在早春积极喷药消灭叶蝉，对减轻发病效果显著。五是对潜育期的病株，实行主干环剥。春季树液流动前（尚未表现出症状），于主干中下部进行环剥，环的宽度为3～5mm，深达木质部，将韧皮部切断，一年环剥一圈，逐年上移。六是树干灌注土霉素。方法是在树干基部（或中下部）的两侧，垂直相距10～20cm各钻一个深达髓心的孔洞，用特制的高压注射器向孔内缓慢注入土霉素（每毫升含土霉素1万单位），注入的药量依干周的大小而不同。如干周长大于30cm的树，注入300～400ml，防治效果很好。

⑤枣锈病　枣锈病又称枣雾，是为害枣树叶片的主要病害。能引起早期落叶，致使枣果未完全长成即失水皱缩，甜味大减，并引起落果造成减产。防治方法：一是冬季清除落叶，集中烧毁，减少病原。二是对排水不良的枣园，雨后要注意排水。当年雨水多时，应从6月10日前后开始每隔10～15d喷一次1：2～3：200～300倍石灰过量式波尔多液（即硫酸铜1份，生石灰2～3份，水200～300份），连续喷施2～3次。在干旱年份于6月上中旬，喷施一次1：3：200倍石灰过量式波尔多液即可。

（4）适时收获　枣果在完熟期收获为宜。完熟期收获的枣果含糖量高，水分少，色泽深艳，果肉饱满、品质良好。

（二）小麦栽培要点

1. 选用优种，做好种子处理　可因地制宜选用京冬8号、轮选987、中麦175、石家庄8号、沧麦119等品种。播前要做好药剂拌种，可用50%的辛硫磷1kg，加水30～50kg，拌种500kg，以防地下害虫。有条件地块最好采用包衣种子。

2. 深耕精细整地，足墒足肥下种　秋作物收获后若土壤墒情不够，则需浇好底墒水。耕前要施足底肥，一般底施有机肥30～45m^3/hm^2，磷酸二铵300～375kg/hm^2或过磷酸钙750～900kg/hm^2，深耕达20cm以上。耕后要精细整地，使地面平整，无明暗坷垃，土壤上虚下实，以利小麦出苗。

3. 适期适量播种　冀北地区小麦适播期，可掌握在10月1～10日。为实现苗全、苗匀、苗壮，采用机械等行平播。适播期内用种量150～225kg/hm^2，超过适播期后，每晚播1d增加7.5kg/hm^2播量，最多不超过337.5kg/hm^2，播种深度3～5cm。

4. 加强田间管理，实施关键肥水　小麦出苗后及时查苗补种。立冬始至小雪浇好封冻水。早春以中耕划锄、提温保墒为重点。根据苗情、墒情浇好拔节水、孕穗水和灌浆水，并随拔节水追施尿素150～225kg/hm^2，孕穗期补施尿素75～150kg/hm^2。一般拔节水在4月初实施，孕穗水在4月底实施。后期抓好"一喷三防"工作，即杀虫剂、杀菌剂、植物生长调节剂按比例混配喷施，以有效防治蚜虫、白粉病，防止植株早衰，提高粒重。

5. 化控与化学除草　在春季因地制宜进行。对于旺长麦田，在小麦起身期前后，用15%的多效唑40～50g，加水30～40kg，叶面喷施，可有效缩短小麦第一节间的伸长，控制植株过旺生长，促进根系下扎，防止后期倒伏。要注意均匀喷施，不重喷、不漏喷。或用"壮丰安"植物调节剂600g/hm^2，加水450～600kg/hm^2全田喷雾，也可收到壮秆防倒伏的效果。

防除杂草可在小返青至起身期，用70%杜邦巨星15g/hm^2加水450～600kg/hm^2或72%的2，4-D丁酯750ml/hm^2加水600～750kg/hm^2均匀喷雾进行化学除草。

6. 适时收获　小麦最佳收获期为蜡熟末期至完熟期，这时籽粒停止灌浆，千粒重达最大，应及时收获。

（三）夏玉米栽培要点

1. 选用适宜优种　夏播玉米要因地制宜，选用早熟、矮秆、抗倒伏等综合性状表现比较突出的优质杂交品种，如郑单958、浚单20、蠡玉35等。

2. 做好种子处理　把好种子处理关，是有效防治玉米病虫害，确保出苗整齐、均匀、健壮的一项重要措施。为此，播前一定要做好选种和晒种工作，去除小粒、秕粒和破损粒，播前3～5d进行晒种。对没有进行包衣的种子，在播前还要进行药剂拌种，可用100g有效成分的辛硫磷乳油加50%多菌灵50g，加水2.5kg，拌种50kg，堆闷4～6h，晾干后再播，可有效防治玉米黑穗病、瘤黑粉病等土传病害以及地下害虫的发生。拌种时要注意先拌杀虫剂，再拌杀菌剂。

3. 抢茬早播　为最大限度地利用好光热资源，要树立“前抢”的观念，小麦收获后及时抢播夏玉米，争取在收获小麦当天完成夏玉米播种。为提高播种质量，在收获小麦时最好选用有秸秆粉碎和切抛装置的收割机进行作业，小麦留茬高度一般不要高于15cm；小麦秸秆成垄或成堆堆放的地块，在夏玉米播种前要将麦秸均匀散开或清除。播种机机手的田间播种作业水平对夏玉米的播种质量具有较大的影响，要加强对机手的播种作业培训，提高其作业能力和作业水平；播种时播种机的作业速度要在4km/h之内，切忌高挡快跑，力争做到一播苗全、苗齐、苗匀、苗壮。若墒情不足，播后要及时浇水，为种子萌发出土，提供充足的水分供应。

4. 施足种肥　种肥最好选用复合肥，用量不宜太多，一般每亩施N、P、K复合肥20kg左右。种肥一定要与种子分开施用，距离种子5cm以上，以免烧苗。

5. 加强田间管理

（1）化学防除杂草　免耕铁茬播种地块，宜采用“一封一杀”化学除草技术，每公顷用40%乙阿合剂2 250～3 000ml加20%克无踪1 500～2 250ml，加水750kg，在玉米播后苗前进行喷施。

（2）适时间、定苗　夏玉米宜进行早间苗、适当晚定苗，一般在玉米出苗后3～4叶期间苗，5～6片可见叶（4～5片展开叶）时定苗。定苗的原则是去除病弱苗、太大太小苗，留均衡一致苗，做到壮中求齐、齐中求匀，缺苗时可在同行或邻行就近留双株。

（3）合理密植　根据不同品种和不同地力确定适宜密度。一般株型紧凑的品种留苗宜密，平展型品种宜稀；肥水条件好、地力水平高的地块宜密，肥水条件差、地力水平低的地块宜稀，一般亩留苗4 500株左右。

（4）科学追肥，防旱排涝　玉米大喇叭口期，每亩可追施尿素20～30kg。对于亩产500kg以上的高产田，在玉米抽雄至吐丝期应补施粒肥，每亩可追施尿素5～7kg。玉米生长中后期若降水过多，造成田间积水，要及早开沟排涝，中耕散墒，生长关键期遇旱要及时浇水，确保玉米正常生长。

（5）病虫害防治　玉米病害主要有大、小斑病、褐斑病、丝黑穗病等。可在发病初期，用25%的粉锈宁可湿性粉剂1 500倍液，或50%的多菌灵可湿性粉剂500～800倍液，进行喷施；玉米虫害主要有黏虫、玉米螟等，可在玉米大喇叭期，用1.5kg/亩辛硫磷等颗粒剂进行灌心。

6. 适期晚收　乳线消失是玉米成熟的重要标志，这时千粒重最高，是玉米收获的最佳时期。为提高玉米单产，在不影响下茬小麦适期晚播的前提下，应尽可能推迟夏玉米收获时间。

（四）大豆栽培要点

1. 选用优良品种 选用冀豆 12、中黄 13、科丰 14、冀黄 13、中黄 15 等优质高产品种。播前去除小、杂、病、虫粒并晒种，以提高发芽率。用 50% 辛硫磷乳油 1 500ml/hm^2 加水 90kg/hm^2 进行药剂拌种，以防治地下害虫。

2. 合理密植 一般用种量 75～90kg/hm^2。（40～50）cm×40cm、50cm×30cm 大小行种植。出苗后及时查苗、定苗，留苗 15 万～30 万株/hm^2，留苗株距约 10cm。

3. 化学除草 大豆田防除杂草，可在播种前 5～7d，每亩用 48% 的氟乐灵 100～150ml 加水，进行土壤表面喷施，喷后及时混土；还可在播后苗前用 72% 杜耳 100～150ml 或乙草胺 1 500倍液喷洒地面；出苗后防治杂草，可在出苗后至开花前，用 5% 的精禾草克、10% 的禾草克及 10.8% 或 12.5% 的盖草能 1 200ml/hm^2 加水喷施。

4. 加强田间管理 封垄前中耕培土 1～2 次。初花期结合浇水追施尿素 150～225 kg/hm^2。花荚期要喷施叶面肥 0.2% KH_2PO_4、0.15% 的钼酸铵或 0.1%～0.15% 的硼酸溶液 600～750kg/hm^2，利于增加抗性，保叶增粒重。鼓粒灌浆期要视土壤墒情浇水 1～2 次。

5. 除治病虫 用 12.5% 禾果利可湿性粉剂 3 000倍液或 20% 粉锈宁乳油 450～600 ml/hm^2 加水 750L/hm^2 可有效防治大豆锈病。用 10% 益舒丰颗粒剂 1 000倍液或 1.5% 菌线威乳油 3 500倍液灌根，每株灌 0.25～0.5kg 可防治大豆囊线虫。用 4.5% 高效氯氰菊酯乳油 450～900ml/hm^2 喷雾可防治棉铃虫、豆荚螟、豆天蛾等。用 10% 吡虫啉可湿性粉剂 3 000倍液或 5% 大功臣可湿性粉剂 2 000倍液可防治大豆蚜、烟粉虱等害虫。

6. 适时收获 整株豆荚呈现原品种的色泽、豆粒变硬或摇动有响声，并且植株尚有 10% 左右的叶片未落完时即可人工收获，有利于提高产量和品质。机械收获要稍晚些，在完熟期收获较好。

（五）甘薯栽培技术要点

1. 育苗

（1）育苗方式 分为温床育苗和冷床育苗两种方式。

①温床育苗 分为酿热温床育苗和回龙火炕育苗两种。

酿热温床育苗：温床建成东西长约 6m，南北宽约 1.5m，床深 50cm。温床四周建墙，北墙高 45cm，南墙高 10cm，墙宽 25cm，东西两边筑成北高南低的斜墙，以利采光增温。在北墙靠近下部，间隔 1.5m 留一个 10～20cm 见方的通风眼，东西墙各留一个 10～20cm 见方的通风眼。床底整平后，在床底挖两条约 15cm 见方的东西向通气沟，南面的一条离墙约 15cm，北面的一条离墙约 33cm，两条通气沟在东西两头分别合成一条，从东西两侧的墙下通到墙外分别向上垒一通气筒。填充物可选择麦秸、碎草、未发酵的骡、马粪便。

回龙火炕育苗：回龙火炕育苗，具有保温好，省燃料，增温快，温度均匀、出苗整齐等特点。火炕一般长约 6m，宽约 2m，墙厚约 40cm，高约 43cm。在炕内挖 3 条沟，沟宽约 43cm，中间一条沟在炕头靠墙处挖深约 90cm，离炕头墙约 30cm 的地方，挖深约 63cm，炕尾挖深约 30cm，沟底挖成斜坡，在沟底的中间向下挖去烟道，深约 15cm，在炕头与炉膛的进火口相接的地方挖宽 15cm，在炕尾逐渐加宽到约 23cm，炕尾的去烟道与横

烟道相通。在靠墙的两边再挖两条沟和两边横烟道相连。在炕尾挖深约 23cm，在炕头挖深约 13cm，在沟底中间向下挖深约 15cm，宽约 23cm 的回烟道，回烟道在炕尾、炕头分别与横烟道、烟囱相通。

②冷床育苗　冷床的建造方法与酿热温床相似，只是不加酿热物，床土需要加厚，盖上薄膜通过日光增温。冷床 5～10cm 土层的地温可比露地同土层的地温提高 7.5～5.5℃，膜内的平均气温可比膜外高 15℃。苗床可以不设通风孔。

（2）种薯处理　种薯上床前要进行消毒，可在 51～54℃的温水中浸 10min 左右，或用 50% 多菌灵 500 倍液，或用 70% 甲基托布津 800 倍液，浸 10min 左右，能有效地预防黑斑病。

（3）种薯上床　排种要疏密适宜，过密出苗后，秧苗细弱，成活率下降。一般 0.25～0.3kg 的薯块，每平方米排 15kg 左右。头部、阳面向上，排好后浇透水，上盖 3cm 左右的沙土。

（4）苗床管理　前期以催为主，中期催炼结合，后期以炼为主，从而达到出苗早、多、壮的目的。

①苗床前期　种薯上床后的第一天床温要达到 31℃，种薯开始萌芽后，要将温度提高到 35℃，4d 后再将温度降低到 31℃，8～9d 即可出苗。此后适当降低温度，床土要保持湿润。

②苗床中期　出苗后至炼苗前，为苗床中期管理阶段。此期要催炼结合，平温长苗。出苗后温度要下降到 28℃左右。当苗高 10cm 左右时，温度要下降到 25℃左右。

③苗床后期　采苗前 5～6d 到采苗这一时期为采苗后期，此期应以炼为主。在采苗前浇一次透水，以后停止灌水，采苗前 3d，将床温下降到 20℃左右。注意通风炼苗，逐渐揭膜。

（5）采苗　苗高达 20～23cm 时（苗龄 30d 前后），要及时采苗、栽植。

2. 栽秧

（1）深耕起垄　甘薯是地下块根作物，若土层通气性差就会直接影响块根膨大，深耕起垄在增强土壤通气性、加厚松土层的同时，增加了日照面积，提升了地温，有利于甘薯块根生长和养分的积累，促进薯块膨大，早结薯，多结薯，一般比平栽增产 11% 以上。深耕后起垄，垄距为 60～70cm，可根据具体情况确定，垄高为 35cm 左右、垄尖 10cm 左右。注意起垄时土壤要湿度适宜，确保垄土疏松，利于块根膨大。

（2）合理施肥　甘薯施肥应以粗肥为主，化肥为辅，底肥为主，追肥为辅。农家肥含有机质多，施入土壤后，在分解过程中所产生的腐殖质可提高土壤肥力，增加沙土的黏结性和保水、保肥的能力，还可使黏土变得疏松，改善黏土的通气性。一般亩产 3 000kg 鲜薯需施农家肥 3 000kg，碳酸氢铵 25kg 或尿素 15～18kg，过磷酸钙 20～25kg，K 肥 10～15kg。追肥以前期为主，土壤贫瘠和施肥不足的田地应早追提苗肥，封垄前于垄半坡偏下开沟追肥，每亩追施尿素 10～15kg。甘薯生长后期，宜采用根外追肥，可叶面喷施磷酸二氢钾，一般能增产 10% 左右。

（3）合理密植　甘薯栽秧密度与地力、品种、栽秧时期等有密切关系。一般薄地宜密、肥地宜稀；短蔓品种宜密，长蔓品种宜稀；晚栽宜密，早栽宜稀。一般春薯每亩

3 500～4 500株，夏薯每亩5 000～6 000株。

3. 田间管理

（1）查苗补苗　为确保栽后苗全苗壮，必须及时查苗补苗。一般栽后4～5d进行，补苗过晚就会出现大苗欺小苗，起不到保苗作用。补苗时要选择下午或傍晚进行，减少叶面蒸发，栽后要浇足水，利于秧苗成活。

（2）追施提苗肥　为促进养分向地上部分转移，扩大绿叶面积，提高光合作用效率，提早结薯，要早追提苗肥，一般亩追施硫铵10kg。

（3）及时化控　在甘薯膨大期，若田间长势过旺，要及时喷施化控药物，防止茎叶徒长，促进块根膨大。

（4）中后期管理　抓好排水防涝，遇旱要及时浇水。

（5）防治病虫害　甘薯病虫害防治要抓好以下几项：一是药液浸苗。一般用50%甲基托布津1 000倍液浸苗10min，再栽秧，可防治黑斑病；二是药剂防治害虫。一般每亩用5%辛硫磷制成颗粒剂2kg，进行土壤处理或用50%辛硫磷100～150倍液，将剪下待栽的幼苗基部10cm左右浸入药液内10min即可栽植；中期卷叶虫为害时，可用菊酯类药物防治1～2次。

4. 适时收获　在枯霜前必须收刨完毕，留种用的在“霜前”收刨，免受冻害。

（六）马铃薯栽培技术

1. 精选薯种　在选用优质、抗病品种的基础上，选用薯皮光滑、色泽好、芽眼浅的种薯，确保出苗快、健壮。

2. 施足底肥　结合深耕施足底肥，一般每公顷施优质有机肥22.5t、过磷酸钙300kg、$K_2SO_4$375kg。

3. 适时催芽早播　10cm地温稳定在7℃左右时可进行播种，播种前20～25d进行催芽。切块播种时，切块要求顶部带有芽眼，每个切块至少有一个芽眼，确保出苗整齐。切块刀口愈合后，放在阴暗、潮湿条件下催芽，芽长0.5～1cm时，摊开晾芽，播前必须炼苗3d左右。马铃薯栽植需要起垄栽植，垄距90cm，垄高30cm左右，每垄双行，开深3～4cm的沟，播后覆土平垄，株距28～30cm，每公顷种植密度67 500株左右。

4. 加强田间管理

（1）查苗补苗　出苗后要及时进行查苗补苗，覆盖地膜。如果没有备用苗，可从已出苗的田垄上，选取多余的苗，进行补栽。

（2）中耕培土　为确保结薯层土壤疏松透气，要及时进行中耕培土。在苗出齐后、出苗后10～15d、现蕾3个时期，分别中耕一次，第一次耕深8～10cm，以后两次逐渐变浅。第三次中耕时，要结合中耕进行培土。

（3）浇水施肥　马铃薯施肥应掌握“攻前、保中、控尾”的原则。80%幼苗出土后要重施提苗肥；结薯期要视苗情状况，叶面喷施0.5%的磷酸二氢钾，或每公顷追施N、P、K复合肥150～225kg；结薯期应保持土壤湿润，若土壤干旱，应及时浇水。

5. 防治病虫害

（1）病害　马铃薯病害主要有早疫病、晚疫病、青枯病和病毒病等。防治早疫病和

晚疫病，可使用瑞毒霉或甲霜灵锰锌，在马铃薯生长中后期间隔 10～15d 喷雾 1 次。防治青枯病，可在发病初期用硫酸链霉素或 72% 农用硫酸链霉素可溶性粉剂4 000倍液或农抗“401”500 倍液、25% 络氨铜水剂 500 倍液灌根，每株灌对好的药液 0.3～0.5kg，每隔 10d 灌 1 次，连续灌 2～3 次。防治病毒病，首先要选用无病种薯，加强田间管理，预防高温干旱，在发病初期，可用 20% 病毒 A 500 倍液喷雾防治。

（2）虫害　马铃薯地上害虫主要有蚜虫、棉铃虫、烟青虫、甜菜夜蛾、美洲斑潜蝇等。在幼虫低龄阶段可用 0.9% 阿维菌素3 000倍液或 10% 吡虫啉乳油加 4.5% 高效氯氰菊酯乳油1 500倍液，每隔 5～7d 喷 1 次，连喷 3 次。地下害虫主要有蛴螬、蝼蛄、金针虫、地老虎等，可用辛硫磷 100～150g 拌细土 20kg，撒入土中防治。若地下害虫严重，可每亩用毒死蜱 300ml，加水 50kg，或用 40% 的辛硫磷1 500～2 000倍液在苗期灌根。

6. 适时收获　马铃薯茎叶淡黄，基部叶片枯黄脱落，匍匐茎干缩，块根不再膨大时，可选晴天进行收获。

（七）谷子栽培技术

1. 播前准备

（1）选用良种，做好种子处理　选择与当地生产条件相适宜的优质、高产、抗逆性强的品种。播前通过风选、水选等措施，去除秕粒、草籽及杂物，将种子阴干后进行药剂处理，以防治地下害虫及白发病的发生。

（2）深耕精细整地　小麦收获后，要进行深耕灭茬，耕深一般在 20cm 以上，这有利于熟化土壤，改良土壤结构，增强保水能力，还利于谷子根系下扎，促进植株生长健壮。耕后要精细整地，做到整平耙细，无根茬，无坷垃，无土块，为谷子出苗创造条件。

2. 提高播种质量　播种深度掌握在 2cm 左右，撒籽要均匀。播后及时镇压 1～2 遍，确保出苗整齐、均匀。

3. 及时间定苗　一般苗龄达 3～4 片叶时即可间苗，5～6 片叶应定苗，留苗行距 30cm，株距 5cm；或行距 40cm，株距 4cm，确保亩留苗 4 万～5 万株。

4. 除治杂草　谷子极易受到田间杂草为害，尤其在夏天遇到连阴雨，若不及时除治杂草，就会出现草苗齐长，导致减产。谷子田除治杂草可采用以下方法：一是麦田耙平整细后，及时进行喷灌，诱发杂草萌发，进行铲除；二是结合间苗、定苗拔除杂草。

5. 中耕、培土　谷子适宜疏松的沙壤土。黏土地通透性差，不利于根部生长。若是黏性土壤，在拔节期应结合深中耕进行培土，以促进谷子根部发育，防止倒伏。

6. 追肥、浇水　谷子生长旺盛，水肥需要量较大，应在定苗后及时浇水施肥，促苗早发。一般在谷苗 6～8 片叶时，亩追尿素 15kg，随后中耕培土。抽穗期结合浇水，可亩追尿素 12.5kg，以增加穗粒重，防止早衰。

7. 防治病虫害　谷子病害主要有白发病、谷子黑穗病、穗瘟病等，可用甲基托布津 600 倍液喷雾防治。虫害分地上害虫和地下害虫，其中，地上害虫主要有钻心虫、玉米螟、黏虫等，可在苗期和抽穗前，用菊酯类药物进行防治。地下害虫主要有蝼蛄等，可以辛硫磷拌煮熟的谷子制成毒谷，在播种时撒入播种沟，进行防治。

8. 及时收获贮藏　谷子在蜡熟末期或完熟期收获最好。收获过早，谷粒含水量高，

出谷率低，籽粒饱满程度差，影响产量和品质；收获过晚，就会导致纤维素分解，茎秆、穗码干枯，易引起落粒。谷子脱粒后要及时晾晒，一般籽粒含水量在 13% 以下就可入库贮存。

九、效益分析

（一）经济效益

以廊坊市大城县枣树—小麦—大豆间作为例。枣树的株行距一般为 4m ×6m 或 4m ×8m，亩株数 20 ~30 株。小麦、大豆播种时一般距离枣树 1 ~1.5m（小树距离 1m，大树距离 1.5m）。枣树平均每株产干枣 15kg，亩产干枣 300 ~450kg，按 8 元/kg 的价格计算，枣亩产值 2 400 ~3 600元；小麦平均亩产 200kg（包括枣树占地），大豆亩产 100kg（包括枣树占地），按小麦 0.5 元/kg、大豆 4 元/kg 的价格计算，粮食亩产值 500 元，枣粮共计亩产值达 2 900 ~4 100 元，与纯粮田小麦亩产 400kg、大豆 150kg，亩产值 800 元相比，枣粮间作产值是纯粮田的 3 ~5 倍。

（二）社会效益

中国正处于工业化和城市化快速发展的阶段，耕地面积不断减少，目前人均占有耕地仅为 913.3m^2，不到世界人均耕地的 40%，人地关系矛盾日趋紧张。枣粮间作这一立体种植模式，增加了复种指数，挖掘了土地的生产潜力，提高了土地利用率，实现了土地集约化利用，俗语说“上一亩，下一亩，一亩顶二亩”，有效缓解了目前人口持续增长与耕地不断减少这一突出矛盾。不仅如此，枣粮间作还能够充分利用农村闲散劳动力，有利于资源密集型生产方式向技术密集型和劳动密集型生产方式的转化，提高了劳动生产率，对进一步落实农业生产的科学发展观，加快社会主义新农村建设进程，具有显著的社会效益。

（三）生态效益

枣粮间作是应用立体间作集约栽培技术，使果林和大田作物同时种植，果树能防风固沙，为粮棉等大田作物的生长发育创造适宜的小气候条件。首先，枣粮间作可提高空气温度。据河北昌黎果树所观测，枣粮间作田间全年月平均气温比空旷地稍低，5 ~9 月平均低 0.1℃，而 1 ~3 月平均增高 0.1 ~0.2℃。其次，枣粮间作可降低风速。据河北沧州地区林科所资料显示，当风速小于 3.4m/s 时，间作地平均风速可降低 13.5%；当风速达到 7.5m/s 时，间作地平均风速可降低 58.3%，从而减少了田间蒸发量，稳定了空气中的含水量，5 ~9 月平均月蒸发量降低 3% ~12%，地面蒸发量减少 19% ~28%，有利于保持土壤水分和空气相对湿度。再者，粮棉作物的施肥灌水、秸秆还田，还有利于培肥土壤，改良果林生长的土壤条件，能够有效解决生态条件不断恶化，天然林覆盖率逐年降低，这一现阶段农业生产上存在的突出问题。

第二节　其他果树与粮食作物间作

一、果粮间作的分布区域及增产原理

（一）分布

果粮间作（interplanting of fruits and cereals）是中国北方一种常见的农林间作种植模式。在平原地区、环塔里木盆地绿洲农区、冀西北地区、黄土高原坡耕地、山区梯田等区域分布较广。

（二）增产原理

1. 合理利用自然资源　果粮间作种间促进的原理是，合理地利用果树与粮食在时间、空间方面的差异，取得光、热、水、肥、气等生态因子的超补偿效益，维持系统的稳定、高效，保持系统产量效益、经济效益、生态效益的最优化，反之，则表现为种间抑制作用。时间差异主要指果树与粮食作物在生育进程、水肥利用周期等方面的差异。空间差异主要指果树与粮食作物株高的高矮位差异、冠层的大小差异、根系的深浅差异。

影响间作系统稳定高效的关键调节因子有：果树与粮食作物品种选择、间作时间及周期的选择、系统结构配置的选择、播种机覆膜方式的选择、果树及小麦株型塑造方式的选择以及系统水肥利用方式及管理措施等方面的选择。

2. 作物类型和模式　果粮间作比较普遍。适用于果粮间作的果树一般树体高大、对当地自然条件适应性强、高产、优质、高效。如梨、苹果、山楂、李、杏等；适用于间作的作物是矮秆作物、夏收作物或生长对肥水要求不严格的秋收作物，如麦类、豆类、瓜类、薯类、一些中药材、蔬菜等，以豆科作物最佳。果粮间作的果树树形宜采用自然纺锤形。

果粮间作模式由果树和作物在系统内占地比例和产量、效益决定。以果为主的间作模式，果树株行距为（2.0～2.5）m×（5～6）m以下，树高3m左右；幼树期留出宽1m左右的果树清耕带，果树行间种植作物；随树龄增加，间作面积逐年减少，盛果期少间作或不间作，以保证果树产量。以粮为主的间作模式，果树株行距（2.0～2.5）m×（10～15）m，树高3m左右，间作作物占地面积应在90%以上，盛果期作物面积应占85%以上，永久性间作，要保证作物增产或不减产。果粮并重型间作模式，果树株行距为（2.0～2.5）m×（7～9）m，树高3m左右，间作作物占地面积在盛果期应保证60%～80%，永久性间作作物、果树均比单作时有所减产，但系统内总产量最高，总效益最高。

多数果树结果比较晚，为了充分利用环境资源，多数幼龄果园都进行间作或套种，尤其是栽培枣树、核桃、板栗、梨树等的果园。果园间作、套种与混栽着重于果园垂直空间资源的开发利用，目的主要在于提高光能和土地利用率，防风保土，改善生态环境，抑制杂草生长和增加有益生物的多样性。

果园间套与混作是以自然仿生学、生态经济学原理为依据，将高大果树与低矮作物互补搭配而组建的具有多生物种群、多层次结构、多功能、多效益的人工生态群落。间作、套种与混栽是生态果园建设的重要内容，主要模式有果粮间作、果菜间作、果药间作、果草间作、果菌间作等。

3. 搭配原则

（1）高与矮和胖与瘦搭配原则　如枣树、杏树、梨树与小麦、大豆搭配，较与玉米等高秆作物搭配好，植株纵横发展彼此干扰少，更有利于通风透光，促进早熟高产。

（2）深根系与浅根系耗氮与固氮搭配的原则　如果树与固氮豆科作物结合，既可用地养地，又能因其根系深浅不一致而充分利用土壤各层次的各种营养物质，不会因某一元素奇缺造成生理病害的发生。同时，还可提高单位面积的整体效益。

（3）习性搭配原则　喜光性强与喜阴凉的作物搭配；耐旱怕湿与喜湿润的作物搭配。根据它们各自的特点特性，进行有意识的定向和针对性的集约栽培，这样就可达到各自的适应与满足，从而获得比单一种植更高产量和单位面积的总效益。

（4）生育期长短的间作原则　让主作物生育期长一点和副作物生育期短一点的进行搭配种植，这样互相影响小，能充分利用当地的有效无霜期而达到全年的高产丰收。

（5）趋利避害原则　在考虑根系分泌物时，要根据相关效应或异株克生原理，趋利避害。已查明，小麦与豌豆、马铃薯与大麦、大蒜与棉花之间的化学作用是无害（或有利）的，因此，这些作物可以搭配；相反，黑麦与小麦、大麻与大豆、荞麦与玉米间则存在不利影响，它们不能搭配在一起种植。

（6）群体冠层通风透光的原则　树冠的修剪主要有开心型、主干分层型、干型、纺锤型等。修剪时应利于树冠占据地面的上层空间，从而提高下部作物的光能的利用率。下部作物的群体冠层应保持通风透光，群体密度不宜过大，避免倒伏，也可采用错行播种、宽窄行种植等方式增加群体受光数量和质量。

二、梨粮间作

梨果的收入在农业总收入中占有相当的比重，特别是重点产区。如河北的辛集、赵县、昌黎，山东的莱阳、黄县、栖霞，陕西的蒲城、礼泉、彬县、延长、子长，甘肃的兰州、平凉、径川，新疆的库尔勒、伊犁地区，吉林的延边，辽宁的绥中，安徽的砀山，江苏的高邮、大丰，浙江的慈溪、松阳，四川成都的龙泉，福建的德化、建宁，云南的呈贡、泸西等。这些区域绝大部分均适合梨粮间作，已成为当地农业收入的支柱产业和农民致富的主要途径。

（一）梨树间作小麦

在林农间作模式中，梨麦间作是一种较为常见的主流种植模式。这是因为，第一，小麦种植过程中已完全实现了全程机械化，在劳动力价格上涨的背景下，节约了大量的劳力投入；第二，小麦是主粮作物，分布区域广，相比棉花等经济作物，小麦株型紧凑，群体大，对光、温、水、肥的要求相对较低，表现出较强的环境适应性，适宜间作的周期较长，品种、配套栽培管理措施等成熟、简便利于推广；第三，在保障粮食安全供给的大背

景下，良种补贴等利农政策促进了小麦的发展。上述因素保障了梨树间作小麦的稳定面积与效益（孟平，2004）。

1. 树龄选择　在梨麦间作模式中，新定植1~5年的幼树，树体小，对小麦的影响不突出，产量与单作小麦相当。随树龄的增大，遮光对小麦的影响加剧，小麦的产量逐渐降低。至10~12年盛果期，梨园树冠封行，小麦产量降为2~3年幼树期的40%~50%，为保障盛果期梨树的产量和效益，一般不间作小麦，或仅在树行中轴线两侧，1/3间作单元进行种植，直至树体遮阳无法保障小麦的产量和效益，小麦退出间作系统。

2. 种植规格和模式　梨树的配置模式较多，常见的有5m×6m、2m×3m、3m×5m和2.5m×6m等配置模式。上述模式均可间作小麦，但考虑到利于间作单元中小麦的机械化播种，采用人工收割的方式，难以推广，因此生产中，梨树的行距应至少保留在3m以上，5m×6m、3m×5m和2.5m×6m的模式是较为常见和今后重点发展的模式。

从种植行向来看，目前梨树的种植行向主要有东西向和南北向。由于梨树的经济效益较高，梨树一经定植难以变换配置，因此，小麦的行向一般从属于梨树，虽然东西行向利于间作小麦行间光照质量与光照强度的提高，但由于受推广观念以及地势的影响，生产中南北走向、东西走向均较为常见，推荐平原低纬度地区适宜的梨园建园模式为东西向，小麦的种植行向也为东西向。

小麦的配置模式为幼龄果树适合密植，保持高产单作的配置结构，间作区域为距离梨树主干水肥沟50cm以外的区域。随间作年限的增长，小麦的株行距可适度增大，距离梨树主干水肥沟的距离逐渐增大，间作区域适度缩小，避免在冠下阴影区种植，减少小麦与梨树在光、温、水、肥、气、热等环境因子方面的竞争。

梨树的修剪方式也是影响小麦配置的重要因素之一。第一，梨树树冠开展角度，影响了冠层的投影面积和持续时间。第二，梨树的定干高度，决定了树冠的空间垂直距离，影响了位于下层空间小麦冠层的光辐射总量。第三，常见的树形结构有主干分层形、干形、纺锤形、开心形，树形结构决定了树冠的阴影面积及光透过树冠内堂投入小麦冠层的辐射总量。生产中上述四种树形结构均较为常见，主要取决于对梨树产量的影响，以及修建习惯。但总的原则是在利于梨树高产的基础上，尽量控制树冠的大小，增加内堂的通透性。

3. 技术要点

（1）梨栽培技术要点

①施肥　一年生至五年生梨树在秋季或春季，每公顷施优质农家肥12~25m^3，六年生以后根据产量再增施适量的化肥。

②剪枝　每年要按不同树龄的要求进行剪树，整形好树形。

③铲趟管理　生长季节要锄草3~5次，秋季深翻，树盘深翻直径要等于树冠的直径，深度要达到10~15cm。

④病虫害防治　春季用3~5度石硫合剂喷施1次，要求喷施均匀。进入雨季后再用半量式波尔多液喷施1次，以预防黑腥病的发生。对已发生黑腥病的果树可用杀菌剂防治，如果有虫害发生，要及时采用相应的杀虫剂进行防治。

⑤防寒　入冬前在树干的下部用土埋上，土堆的直径30~40cm，高约30cm。树干用稻草或纸条缠上，以防冻伤、冻死。

（2）小麦栽培技术要点

①品种选择　小麦品种应选择对弱光不敏感的早熟品种。例如，新疆农业科学院在环塔里木盆地的岳普湖、泽普、莎车等地，在模拟梨树遮阴条件下，对引进的62个冬小麦品种（系）进行生态适应性、产量鉴定。初步筛选出生育期与对照新冬20基本接近或早熟的品种（系）7个（中麦8号、衡216、烟农19、衡4399、邯6172、衡35 、石4185），其中，有5个品种（系）产量高于新冬20。最高增产幅度达36%（新疆农业科学院提供）。

②播种时间及行距　一年生至五年生梨树行间播种6垄小麦，垄距为65cm。

③保苗密度　播幅一般在30～40cm，保苗密度每公顷为500万～600万株（卢良恕，1999）。

4. 效益分析　据调查，小麦平均每公顷产量为3 099.72kg，平均每千克售价为1.5元，每公顷产值为4 649.58元，扣除行间生产投入370元和当年果树生产投入725元，每公顷纯收益为3 554.58元（卢良恕，1999）。

对黄淮海平原农区宽带距多行带梨麦间作系统水分效应、产量效应与土地利用效应进行了研究。结果表明：小麦拔节至乳熟期间，间作系统内小麦日蒸腾耗水比单作麦田低21.6%；距梨树0.0～7.0m，为土壤水分的降低区，7.0～25.0m为土壤水分提高区，间作系统总体上使麦田0～200cm土壤储水量提高11.81%；间作系统内小麦水分利用率比单作麦田约高8.7%；间作系统小麦单产量比单作麦田高6.6%，土地当量值可达1.19。就水分效应和土地利用效应而言，在黄淮海平原农区发展这种宽带距多行带梨麦间作模式，具有一定的可行性（孟平，2004）。

（二）梨树间作甘薯

利用行间空闲土地和光热等资源适于间作的客观条件，栽种甘薯，可使同等条件下水肥、光热资源利用的协调性以及病虫杂草防治得到互补优化。对果树的水肥高投入，可以提高甘薯对资源的利用率及其产量和品质。甘薯的栽培特别是保护地甘薯栽培，抑制了果树地内杂草的生长，又利于果园的保水保肥。

1. 树龄选择　一般选择幼龄果园或高枝换优果园。从定植到盛果期，随着树龄的增加，梨树冠的遮阳效果逐渐增大，产量逐年降低，生产中适宜间作的树龄一般为6年以下未封行的果园。

2. 种植规格和模式　新定植香梨可采用5m×6m、2m×3m、3m×5m和2.5m×6m的密度定植。5m×6m为常规定植密度，一亩22株，此密度适合前期间作，一般10年进入盛果期。2m×3m为密植栽培，一亩111株，此密度可提早进入结果期，前期产量高，但管理不方便，技术要求高，间作产量较低，一般不提倡间作，或只在幼树期间作。3m×5m和2.5m×6m为中密度，如采用计划密植的修剪方式，可综合稀植和密植的优点，克服两者的缺点，进行间作。

梨树种植行向有南北向与东西向，适宜间作的行向为东西向。以南北向种植为例，8：00～12：00时树体东侧光照丰富，西侧光线受树体遮挡严重，13：00～17：00时树行间垂直光线较足，17：00～20：00时树体西侧光照充足，而东侧光线遮挡严重。东西种

植光线基本能穿越行间，南侧与北侧的树体遮阳时间及遮阳面积小于南北种植。

种植行向的不同对甘薯本身所接受的光照将有着巨大的差异，这是与太阳运行的方向和作物生长期间的群体结构密切相关的。因为甘薯的主要生长季节，太阳渐向北回归线方向移动，日出逐渐提早，日落也渐推迟，中午的太阳高度角逐渐增大，从早到晚走完了大半个弧圈。早晚太阳的高度角小，光往近水平方向上射来，容易在东西行向的行间穿过；但是对南北行向，由于树体高大的原因，形成了一行行的屏风而阻挡，因此，由于行向的不同，它们的受光程度各不相同，特别是在林农间作条件下，行向对矮小作物接受的光照差异更加明显。

实行果薯间作，重点要考虑在不影响果树正常生长发育的同时，甘薯的栽培既要获得高产优质高效，又要与果树生长相互协调。梨树通常在两侧 0.5m 开灌溉沟和施肥沟，此直径 1m 范围内不种植甘薯，以保证果树获得充足的养分和光照，确保正常发育。以3m×5m 梨树为例，去除果沟，有 4m 间作区，1～3 年树龄，按 0.75m 起垄，种 5 沟甘薯，甘薯垄高不超过 0.2m，垄顶可以适当加宽，以利于果树根系发育，随着树冠发育，逐年缩小甘薯用地；对于高枝换优果树地，因种植规格不同，适当减少甘薯行距到 0.7m，适套期 3～5 年。

3. 技术要点

（1）深耕地、浅开沟、多施肥　在果树根系区域外适当增加耕地深度达 0.3m，并增加基肥用量，在每亩施 $2m^3$ 优质有机肥的基础上，另外加 50kg（N∶P∶K＝8∶7∶10）的甘薯专用复合肥。地膜覆盖保护栽培的地块，底墒不足时，盖膜前一定要浇水造墒后再起垄覆膜。甘薯垄高 20～25cm，垄顶可以适当加宽，利于根系发育。

（2）适当提高密度　通过稳定行距，缩小株距（20～23cm），增加甘薯扦插密度 8%～10%，发挥甘薯匍匐生长与果树直立生长相互协调的关系，协调两者地上与地下、不同高度的空间关系和不同生长高峰的时间关系，实现双高产。

（3）地膜覆盖技术　年生产单季薯采用单层覆盖，用 800～900mm×0.005～0.008mm 规格地膜全沟覆盖。早熟双季薯采用双层覆盖，双层覆盖是在单层覆盖基础上，附加支架拱棚，跨度 2.7～4.5m 不等。地膜覆盖不但利于保墒缓解地下水源紧张的矛盾，而且利于对病虫杂草的综合防治，是果薯间作套种的重要技术环节。

（4）品种的合理布局　早熟双季薯或果树树龄较大时，甘薯以选择速生早熟品种为主，如豫薯 10（红心王），减少共栖期和甘薯生育期，利于实现双季栽培。中晚熟栽培和树龄较小的以优质高产品种为主，如“遗 138”。特殊栽培依用途不同选用京薯 1～7 号、遗 190 等品种，分别按烤食型、水果型、淀粉型、保健型、饲料型等几大类的不同应用方向决定。

（5）适时收获　由于甘薯成熟和采收没有严格的时间要求，只要薯块形成并有了一定的产量就可采收。作为商品生产，根据市场信息可随时收获。果薯间作，甘薯要注意适时早收。适时早收可以减少对果树枝条、叶片、根系的损伤，对果树起到养护作用。

4. 效益分析　间作套种的效益不仅仅是产量增加和减少的问题，还包括经济效益和生态效益，它是一套不可分割的指标体系。判定一种种植制度的优劣，必须全面地从这套综合指标体系去权衡。只追求高产量，忽视生态效益，这种产量效益往往得不偿失；只追

求产量和经济效益，忽视生态效益，这种产量和经济效益是不能持久的。反过来，只追求生态效益，忽视产量和经济效益，也得不到良好实效。当然在特定地区，可以侧重某一方面的效益，但也应兼顾其他方面。因此，要从产量效益、经济效益和生态效益 3 个方面，全面分析间作套种的效益。一些研究表明，在间作模式下，甘薯的纯收入可达951. 2 ~ 1 031. 3元/亩，平均为 992. 04 元/亩；双季薯与果树间作，其中，地膜双季薯，亩增纯收入 1 097. 3 ~3 403. 5 元，中棚 + 地膜双季薯，亩增纯收入 2 188. 9 ~4 609. 8 元（杨怀森等，1985）。

（三）梨树间作大豆

一年生至五年生梨树与大豆以 1：6 的比例间隔种植。

1. 栽培技术要点　梨树栽培技术要点同前。大豆栽培技术要点如下。

（1）品种选择　选用高产、优质、抗倒伏、抗病虫害的品种。

（2）密度　一般每公顷保苗密度为 18 万 ~22 万株。

（3）施肥　每公顷施农家肥 30m^3、（NH_4）$_2HPO_4$ 120 ~ 150kg、NH_4NO_3 50 ~ 80kg、K_2SO_4 40 ~70kg，配合施用少量的微量元素。

（4）虫害防治　及时防治大豆蚜虫和大豆食心虫。

（5）田间管理　加强中耕除草管理。一般子叶尚未展开时，开始进行中耕，中耕深度应达到 10cm 以上，一般中耕次数为 3 ~4 次。

2. 产量及经济效益　据一些研究表明，平均每公顷大豆产量 2 067. 78kg，如按平均每千克售价为 3. 0 元，产值为 6 203. 34元，扣除行间生产投入 316 元和果树当年生产投入 725 元，每公顷纯收益为 5 162. 34元。

（四）梨树间作红小豆

一年生至五年生梨树与红小豆以 1：6 的比例间隔种植。

1. 栽培技术要点　梨树栽培技术要点同前。红小豆栽培技术要点如下。

（1）品种选择　选用高产、优质、抗倒伏、抗病虫害的品种。

（2）密度　一般每公顷保苗密度为 20 万 ~22 万株。

（3）施肥　每公顷施农家肥 30m^3、（NH_4）$_2HPO_4$ 120 ~ 150kg、NH_4NO_3 50 ~ 80kg、K_2SO_4 40 ~ 70kg。

（4）虫害防治　及时防治蚜虫。

（5）田间管理　加强中耕除草管理。一般子叶尚未展开时开始进行中耕，中耕深度应达到 10cm 以上，一般中耕次数为 3 ~4 次。

2. 产量及经济效益　据调查结果，平均每公顷产量为 1 704. 69kg，平均每千克售价为 3. 3 元，产值为 5 625. 47 元，扣除行间生产投入 392. 50 元和果树当年生产投入 725 元，每公顷纯收益为 4 507. 97 元（卢良恕，1999）。

（五）梨树间作绿豆

一年生至五年生梨树与绿豆以 1：6 的比例间隔种植。

1. 栽培技术要点　梨树栽培技术要点同前。绿豆栽培技术要点如下。

（1）品种选择　选用高产、优质、耐瘠薄、抗病虫害的品种。

（2）密度　一般每公顷保苗密度为15万~18万株。

（3）施肥　每公顷施农家肥$30m^3$、$(NH_4)_2HPO_4$120~150kg、$K_2SO_4$40~70kg。

（4）虫害防治　及时防治蚜虫。

（5）田间管理　加强中耕除草管理。一般子叶尚未展开时开始进行中耕，中耕深度应达到10cm以上，一般中耕次数为3~4次。

2. 产量及经济效益　据调查结果，平均每公顷产量为1 127.5kg，平均每千克售价为4.2元，产值为4 735.50元，扣除行间生产投入323.7元和果树当年生产投入725元，每公顷纯收益为3 686.80元。

此外，吉林省立体种植模式还有多种，其产量和经济效益都十分可观。如玉米//矮秆高粱；玉米//平菇；玉米//大蒜；玉米//茄子；玉米//黄瓜；玉米//早豆角；玉米//甘蓝；苹果梨//马铃薯；苹果//早菜豆；苹果梨//早熟小麦等（卢良恕，1999）。

三、杏（桃、李子）粮间作

以与小麦间作为例。

（一）丘陵地幼龄桃树、小麦、花生立体种植

1. 栽培措施

（1）合理配置土地　按5m一带，每带种23行小麦，占地宽4.4m（行距0.2m）。种植带之间背垄宽0.6m，背垄中间种一行桃树。小麦每行间内各套一行花生。

（2）选用优良品种，合理密植　桃树选用甜度大、小冠型、产量高的大久宝等优良品种，行、株距比例为5m×4m，每亩种植33棵。小麦选用当地丰产、抗病、优质高产品种，如百泉3039、冀麦26等，每亩基本苗一般控制在10万~18万株。花生选用株型紧凑、直立、结果集中的早熟高产品种。行距0.2m、穴距0.2~0.27m，每穴2粒，每亩种植1 200~1 500穴。

（3）适时播种，及时收获　小麦10月上旬播种，翌年6月3日前适时收获。花生5月20日套种，8月底9月初及时收获。

（4）增加肥水，培肥地力　实行幼龄桃树、小麦、花生间作套种，虽利用了空间和时间差，但存在争肥争水的矛盾。因此，取得套种成功的关键是增施底肥。小麦播种前每亩施腐熟农家肥5 000kg、过磷酸钙50kg、复合肥50kg、饼肥适量。花生在开花前追施N、P、K复合肥20kg。桃树除以上施肥数量外，每年应灌人粪尿两次（苗小少灌，苗大多灌），每亩追施$(NH_4)_2HPO_4$50kg。

为了充分发挥肥效潜力，小麦应浇好底墒水、孕穗水和灌浆水；花生应浇好套种水、开花水和催籽水。桃树浇水与小麦、花生同步。

（5）防治病虫害　桃树用速灭杀丁、灭扫利、杀虫脒，适时防治桃蚜、食心虫等害虫。还要注意其他病害发生。对小麦要不失时机地防治好地下害虫、蚜虫、黏虫、赤霉病、白粉病和锈病，主要用辛硫磷、粉锈宁、多菌灵等。花生主要用抗枯宁防治花生蚜

虫、红蜘蛛和枯萎病。用辛硫酸防治花生地下害虫。

2. 经济效益 全年每亩产小麦 425kg、花生 250kg，产值共 840 元，纯收益 700 元。幼龄桃树按结果 13 年亩效益计算，第一年至第二年为零，第三年为 300 元，第四年为 1 500元，第五年至第十三年为2 000元，平均每亩年纯收益 1 587 元。

3. 注意事项 第一年桃树行宽占地 60cm，以后则逐年加宽，4 年后树冠相互接近阴影扩大，应在不影响生长的原则下少量套种（卢良恕，1999）。

（二）杏麦间作

1. 分布地区 杏农间作在中国分布范围很广，大多数省（自治区）皆有。其中，以河北、山东、山西、河南、陕西、甘肃、青海、新疆、辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、江苏、安徽等地较多。其集中区域为东北南部、华北、西北等，如新疆轮台县、英吉沙县杏基地，河北巨鹿、广宗的串枝红杏基地，山东招远的红金榛杏商品基地，张家口大扁杏商品基地，北京的水晶杏基地，山东崂山关爷脸杏基地，河南渑池仰韶红杏基地，陕西华县大接杏基地，甘肃敦煌李光杏基地等。

2. 主要种植技术

以新疆轮台县为例。

（1）树龄选择 一般选择幼龄果园，或高枝换优果园。从定植到盛果期，随着树龄的增加杏树冠的遮阳效果逐渐增大，产量逐年降低，生产中适宜间作的树龄一般为 6 年以下未封行的果园。

（2）种植规格和模式 10 年以下杏树采用 6m×4m、6m×3m 或 8m×2m、8m×4m、8m×6m 的间作模式。

（3）小麦栽培技术要点

①小麦栽培品种 选择高产、优质、抗病性和熟期适宜的品种，如新冬 18、新冬 20、新冬 25、新冬 22。

②施肥整地 前茬作物收获后，施腐熟农家肥 1 500 ~ 2 000 kg/亩、尿素 10 ~ 15 kg/亩、$(NH_4)_2HPO_4$ 15 ~ 20kg/亩、K_2SO_4 3 ~ 5kg/亩。深耕 25cm 左右，剔除田间杂草残体，耙耱合墒，使土壤上虚下实、无坷垃，播前平整疏松，以利出苗。

③种子处理 种子用种衣剂处理，40% 拌种双可湿性粉剂，按种子量的 0.2% 进行拌种，可以防治根腐病、虫害、黑穗病，促进小麦健壮生长。用 25% 多菌灵或 15% 粉锈宁拌种，防治小麦锈病、白粉病、腥黑穗病，用量为种子重量的 0.2% ~0.3% 。

④适期播种 距树 50 ~ 80cm 播种小麦。播期应根据气温、土壤、品种等差异而定。轮台县小麦适宜播期在 9 月 10 ~ 30 日。以播期调播量，早播低播量，晚播高播量；高肥力地低播量，低肥力地高播量。9 月 20 日前后播种的小麦，播量 20 ~ 25kg/亩；9 月 30 日后播种的小麦，播量不低于 25kg/亩。严禁撒播，墒情适宜的情况下，施肥、播种、镇压环环相扣，播量要匀，深浅一致，深度 3 ~ 5cm，行距 13 ~ 15cm（播种越晚，行距应越窄）。

⑤冬前管理 小麦播种后 30 ~ 50d 一定要灌封冻水（灌冬水前要在距树 80 ~ 100cm 处打堤埂防止果树冬季冻害）。结合灌水，追施 N 肥 5 ~ 10kg/亩，保证小麦地越冬前土壤

相对持水量不小于85%。浇水后在天气回暖时及时搂麦松土，防冻保墒。

⑥春季管理 小麦返青期，及时搂麦松土保墒，促早发培壮苗，松土保墒能有效提高水分利用率，缓解旱情。

⑦中后期管理 灌拔节水（二水）。追施 K_2SO_4 3～5kg/亩、尿素5～12kg/亩。根据苗情，一类苗追肥5kg/亩，二三类苗追肥10～12kg/亩。

浇灌浆水（三水）。此期正值轮台县5月中旬，降水少，干热风多。在小麦开花后10～15d，即灌浆高峰出现之前浇灌浆水，提高粒重效果最好。有条件的应在灌浆水后，增浇麦黄水。

⑧叶面喷肥和化控 在小麦起身、孕穗、灌浆期，分别进行叶面喷肥，可选择 $(NH_4)_2HPO_4$、抗旱型喷施宝等叶面肥料，以提高籽粒饱满度和品质。

拔节前后用矮壮素150g/亩，加水25～30kg进行化控。

⑨除草和防病 4月中旬小麦拔节前后，用除草剂2甲4氯200g/亩，加水25～30kg，无风天气用手压喷雾器，喷头要带防风罩，喷雾防除。严禁使用2，4-D丁酯。

锈病和白粉病防治可用粉锈宁150g/亩，加水30～40kg喷雾防治。

⑩适时收获 冬小麦适时收获期是蜡熟末期，此时穗和穗下节间呈金黄色，其下一节间呈微绿色，籽粒全部转黄。群众有“八成熟，十成收，十成熟，两成丢”的说法。及时收获，预防人为减产（艾合买江·吐逊，2011）。

3. 效益分析 杏麦间作复合群体内风速低，有利于减轻干热风对小麦的为害，并且能提高土地当量比（雷钧杰，2010）。

四、桑粮间作

（一）桑树间作小麦

1. 种植规格 桑栽植行距2m左右，株距33cm左右，每亩1 000株左右，干高约20cm。春季3月份在麦垄中开沟，沟宽、深均为33cm左右。收麦后及时点播花生，行距33cm左右，株距约25cm（于德清，2009；李学，1997）。

2. 栽培技术要点 栽植桑前，在麦垄开沟施足底肥，定干后浇水，以后与浇麦同时浇灌桑苗。6月初小麦收割，抢墒点播花生，追施肥料；6月底再次追肥灌水，7月上中旬进行2次浅中耕，促使苗旺花生壮。8月中旬至10月上旬，先后饲养2次秋蚕，注意防鼠、防蚊蝇，采用新鲜石灰粉消毒或用氯霉素消灭蚕蝇。

3. 桑粮立体种植的效益

（1）经济效益与适应地区 在沙壤土质和幼龄期桑田，每亩可收获小麦280kg、花生134kg、摘鲜茧37kg，价值518元。综合计算，当年植桑，当年养蚕，加上套种作物收入，每亩总经济效益为2 608元左右。这种模式适宜于幼龄期桑田及沙壤土地区（卢良恕，1993）。

（2）提高了资源利用率 据测定，农毛渠桑树截留光照强度为13.6%，5月中下旬和7～8月砍伐桑条后，桑树投影减少。实践证明，在桑树投影下的光照强度仍可满足小麦、玉米生长发育的需要，从而提高了光资源的利用率。另据测定，八年生桑树根系分布

在 0～20cm 土层的根量仅占总量的 7.15%，90% 以上的根系扎在 20cm 土层以下，而小麦、玉米根系主要集中在 20cm 土层以内，从而使水肥得以充分利用。

（3）增加了土地产出率，增加了蚕农收入　桑粮立体种植，桑树只占用了作物难以利用的农毛渠，却增加了土地产出率，增加了农民的收入。如新疆洛浦县杭桂乡兰干艾日克村，拥有农毛渠桑树 8.5 万抹，养蚕 455 台，产茧 15 073kg，总收入 134 199 元，仅养蚕户均收入为 461 元。

（4）加速了蚕丝业发展　新疆和田地区由于桑粮立体种植的成功，20 世纪 90 年代以来，桑叶大量投产，促进了蚕茧大幅度增产。1990 年蚕茧产量 1 800t，1991 年为 2 625t，1992 年达 3 200t。蚕茧的增产带动了丝绸工业的发展，1993 年丝绸工业销售产值约 8 000 万元，占和田地区工业销售产值的 17%。

（5）防风固沙，保护农田　据测定，农毛渠背风面 7 倍树高范围的农田中，可降低风速 30%，相对湿度提高 0.8%～1.3%，土壤含水量提高 1.71%～2.15%。

（6）促进粮食增产　试验证明，农毛渠栽桑，桑粮间作立体种植，不仅促进了养蚕业的发展，更促进了粮食增产。桑带保护农田增产面积是胁地面积的 28.5 倍，桑带胁地减产只是一条线，而桑带保护农田，促进粮食增产却是一大片（卢良恕，1999）。

（二）桑树间作绿肥或牧草

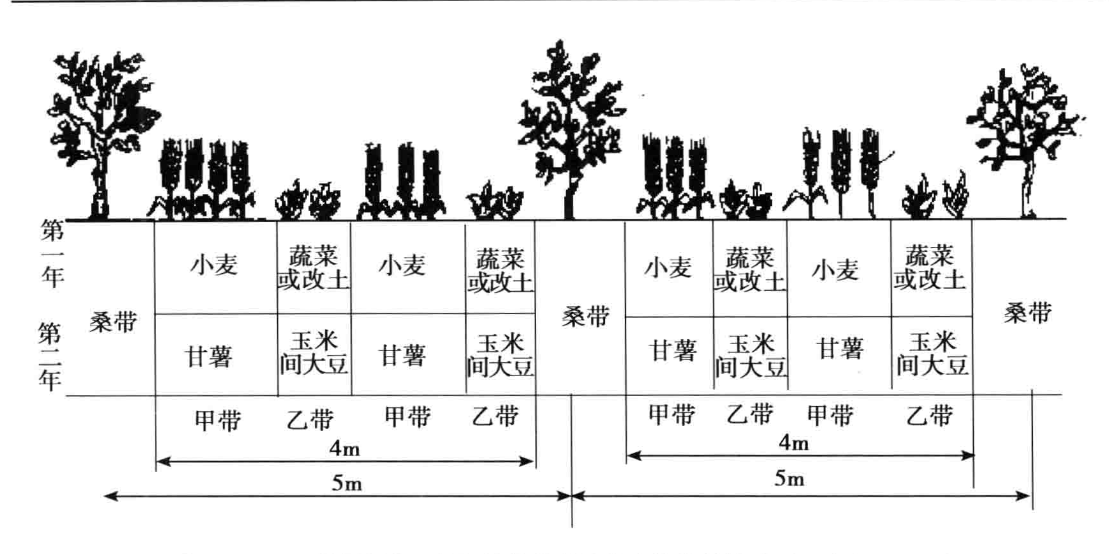
1. 桑园间作绿肥　桑园间作矮秆绿肥是培肥桑园土壤的良好途径。主要有紫云英、黄花苜蓿、豌豆、绿豆等。一般在雨水充沛地区的桑园多套种耐湿的紫云英；在沙质碱土上的桑园以间套黄花苜蓿为好；在溪滩或丘陵山地等土壤贫瘠的桑园内以套种耐瘠的大荚箭筈豌豆、印尼大绿豆为好。大荚箭筈豌豆适应性广，抗逆性强，产量高，亩产鲜草可达 2 500～5 000kg，不仅可作绿肥，还可作畜、鱼的优质饲料。

2. 桑园间作牧草　桑园间作牧草主要有黑麦草、苏丹草等。苏丹草是一种优质鱼饲料，生长快，产量高，从 4 月中下旬播种至 11 月上中旬生长停止，一般可收割 6～8 次。一般成林桑园 1.7m 行距播 2 行牧草，可产鲜草 2 500～6 000kg/亩；幼龄桑园可产牧草 8 000kg/亩以上。其产量与桑园透光率、行距宽度、肥水条件等有密切关系。用饲草喂鱼，一般 30kg 鲜草可生产 1kg 鱼，每亩桑园的饲草可生产 60～80kg 鱼。同时，还可减少桑园表土流失，改善土壤性质。该模式适宜于在稀植、中高株型等类的桑园种植。

（三）粮桑间作、粮经作物分带立体种植

在四川、云南、贵州等省一些丘陵中低产山区为了解决粮桑争地矛盾，促进蚕桑事业发展，进行了粮桑间作、粮经作物分带轮作，能获得亩产粮食 500kg 以上，经济收入达 1 000元。

1. 种植规格　桑树株距 66cm，行距 5m，每亩 2 000株。桑树行与行之间 4m 均分成甲、乙、甲、乙 4 个分带，每带宽 1m。甲带第一年秋种小麦，翌年麦收后作移栽甘薯；乙带第一年秋种蔬菜或深翻土壤，翌年春季收蔬菜后在带中种 2 行玉米，2 行玉米间距 33cm，2 行玉米外侧 15cm 处各间种 1 行中迟熟大豆，在玉米带中可改种天麻或花生（药材、瓜豆）等经济作物。翌年秋收后甲乙两个分带交换轮作（图Ⅲ－1－1）。



图Ⅲ－1－1 粮桑间作、粮经作物分带轮作立体种植模式（卢良恕，2003）

2. 栽培技术要点 第一年秋栽桑，第二年春嫁接，第三年2m的株距定苗培植高冠桑（隔2株定1株）。其方法是：在桑苗离地面2.5m高处短尖培植3～4个第一次分枝；第四年在第一次分枝长到50cm处短尖，在每个第一次分枝上又留3～4个第二次分枝；第五年在第二次分枝长到30cm处短尖，在每个第二次分枝上再留2～3个第三次分枝；第六年在第三次分枝长到20～30cm处短尖，每枝培育2～3个长叶的桑梢。利用施肥、修剪进行促控，产叶桑梢在2.5m以上均匀分布直径2m的高冠桑带。余下的2/3桑树嫁接后离地30cm高处短尖，适度地培育矮壮产叶的密植桑。

3. 效益分析

（1）生态效益 在5m的宽度里桑树占地1m，桑树枝叶占2.5m以上，有空间2m，2行桑树枝叶之间有3m的空间，阳光直照中下层的粮经作物。桑叶的叶面积指数为2左右，在1年内分成4次采叶：第一次采叶在6月10日左右，改善了玉米抽雄、结籽，以及甘薯长藤、大豆分枝的光照条件；第二次采叶在7月中旬，增强了玉米灌浆、甘薯长块根、大豆花芽分化的光照强度；第三、第四次采叶在9月中下旬，有利于甘薯块根膨大、大豆结荚。该模式在同一地块高、中、矮等作物有主有从，禾豆轮作，有机组合，四季常青，可提高地力，减少雨水冲刷土壤和养分流失；桑、玉米、甘薯、大豆、小麦分带立体多层受光，增多了折射光、反射光，增加了光照面积、光照时间、光照强度，从而可增加光合作用产物，提高产量。

（2）经济效益 根据试验和调查，粮桑间作、粮经作物分带轮作立体种植模式与密植桑、粮食作物分带轮作的产量和产值看出，粮桑间作、粮经作物分带轮作，虽然比粮食作物分带轮作每亩少收粮食65kg，蔬菜100kg，但年亩产值却增加576.5元，增长率达99%，比密植桑亩增收粮食500kg，但年亩产值少收189元，减少16%。因此，粮桑间作、粮经作物分带轮作是稳粮增收的一种有效措施（卢良恕，2003）。

（四）桑粮菜立体种植

桑粮间作在皖南较为普遍，其面积约占桑园总面积的35%。桑树以低干和中干为主，密度为每公顷12 000～15 000株，株行距70～200cm。由于通风透光好，桑园单株产量比无主干密植桑园高。其主要模式有：桑粮（冬小麦、油菜、花生）—桑粮（甘薯等）；桑粮（冬小麦、油菜、花生）—桑豆（大豆、绿豆等）；桑豆（蚕豆）×绿肥（紫云英）—桑粮（甘薯等）；桑豆（蚕豆）×绿肥（紫云英）—桑豆（大豆、绿豆等）。桑菜间作一般占桑园总面积的15%，多分布在村庄附近。其冬季蔬菜多为青菜、萝卜、菠菜，夏季蔬菜品种繁多，如豆角、辣椒、茄子、黄瓜、番茄、洋葱、南瓜、冬瓜等。据调查，桑粮（菜）间作可减轻水土流失30%～40%，提高光能利用率，改良了土壤，每公顷可增收粮食2 625kg（卢良恕，1999）。

五、苹果树间作粮食作物

（一）苹果树间作小麦

苹果间作冬、春小麦是目前果园间作的主要果粮间作形式。其经济效益除取决于苹果树品种、树龄、密植程度外，主要决定于间作果园的管理水平。

第一类是以果为主，果粮兼顾的果园。苹果树和间作小麦管理措施都到位，约占30%，苹果与小麦产量分别能达到当地单种时的水平。如青海省民和县川口镇驮岭二队的苹果园，17年生，株行距为7m×8m的红元帅、新红星、金冠、富士，平均每公顷产量达22 500～24 000kg，间作的青春533小麦产量每公顷均在6 000kg左右。

第二类是重果轻粮。即苹果树管理到位而小麦管理得差的果园，约占20%。苹果产量接近当地单种水平，小麦产量却较低。如民和马场垣下川口村，28年生7m×8m大国光苹果间作小麦果园，苹果产量每公顷高达27 500～45 000kg。而青春533小麦产量每公顷仅为1 500kg。

第三类是轻果重粮。即苹果树管理得差、小麦管理得好的果园，约占50%。其苹果产量较低，小麦产量较高。如青海省互助县曹家堡园艺场及平安县下红庄的果粮间作园，27年生6m×7m和23年生4m×6m的红元帅苹果，每公顷产量仅分别为3 000kg和1 500kg，小麦每公顷产量分别达6 000kg和5 250kg（卢良恕，1999）。

（二）苹果树间作蚕豆、豌豆或大豆

幼龄苹果园间作套种蚕豆时应选择大粒、大荚、始荚位低、结荚习性好、产量稳定的品种种植。播种前精细整地施肥，每亩撒施优质农家肥3 000kg、复合肥25kg，然后用旋耕机耕翻。于“清明”前后播种，播种时按行距1m、株距35cm的标准点播，播深5～8cm。在幼苗期，要及时铲除杂草，花前趁雨每亩撒施尿素7.5kg，花期结合除草每亩追尿素10kg左右。同时，应注意防病虫（王田利，2010）。

苹果树行间作蚕豆或豌豆、大豆，与长期间作小麦进行轮作倒茬，有利于培肥地力，促进果粮生长。成龄期苹果产量每公顷可达15 000～45 000kg，并产蚕豆2 250～5 250kg

或豌豆1 500～3 000kg、大豆1 125～2 250kg，各种豆秸亦是饲喂牲畜的较好饲料（卢良恕，1999）。

（三）苹果树间作马铃薯

1. 早熟栽培马铃薯　喜冷凉的环境条件，开始生长较早，在气温达5℃以上时，即可萌芽。春季生产环境适宜，早熟栽培有利提早上市，售价高、效益好。

春季马铃薯地膜覆盖栽培要点如下。

（1）合理选茬　马铃薯栽培首选茬口为小麦茬、油菜茬、苜蓿茬、豆类茬、葱蒜类茬、玉米茬，高粱茬次之，茄科作物最差。马铃薯不耐连作，最好间作3年以上。

（2）适地种植　一般沙壤土通透性好，有利薯块膨大生长，生产中，应选择通透性良好的沙壤土或壤土栽培。

（3）深翻整地　春季种植马铃薯的地块，在前作收获后，要及时深翻，深度为25～30cm。

（4）施足基肥　亩施优质农家肥3 500～4 000kg、过磷酸钙120kg左右、$K_2SO_4$5kg左右、尿素20kg左右。结合播前整地一次性施入。

（5）合理选种　春播马铃薯以促进早熟、提早供应市场为目的。

（6）高垄地膜覆盖栽培　一般按垄高25cm左右、垄宽100cm左右、垄沟深20cm左右的标准整地。整地后，及时覆膜，促进地温升高。

（7）适期播种　一般在“春分”前后（3月下旬）播种。每垄播种两行，行距30～40cm、株距25～30cm，每亩播种6 000～7 000株。播种时实行小整薯播种，降低病害发生几率。

（8）生长期管理　生长期注意及时多次铲除杂草，并随时摘除所开花朵，减少养分消耗。同时，在花期、块茎膨大期应注意浇水1～2次，追肥结合浇水进行。一般亩施尿素15kg左右。整个生长期间，发现病株要及时对症防治。

2. 夏播马铃薯　在春季土壤解冻后，按一定行株距挖深35～40cm、宽30cm左右的坑，将农家肥、过磷酸钙、K_2SO_4、尿素按比例充分混匀（一般每亩按土杂肥4 000～5 000kg、过磷酸钙150kg、$K_2SO_4$50kg、尿素30kg的标准），每坑施入1.0～1.2kg，肥料与表土充分混匀填坑，坑填埋后要高于地表，并镇压，防止跑墒。5月中下旬播种。种薯选择抗热性强、丰产性好的品种。生长期管理除抓好除草、摘花等措施外，管理的重点是借墒培土。一般在花期前后，在降水后，将行间的表土培到植株根部，以优化块茎生长的根际环境，结合培土进行追肥，每亩施入尿素15kg左右。为增加产量，在不受冻害的情况下，可尽量延迟采收，一般在11月上中旬采收。

3. 秋延后栽培模式　秋延后栽培主要是麦茬复种，种薯主要以春马铃薯收获的块茎为主。于8月上中旬播种，亩播6 000～6 500株。秋播马铃薯在播前要进行催芽处理。一般用赤霉素0.1g加水100kg配成药液，对马铃薯种进行浸种10～20min，取出晾干后播种。秋播马铃薯主要管理措施同夏播马铃薯，但秋马铃薯生长前期，田间高温，植株易徒长，应加强培土，在发现田间有徒长现象时，要喷施500mg/L的多效唑控制（王田利，2010）。

苹果行间间作马铃薯，一般苹果每公顷产量15 000～45 000kg、马铃薯产量15 000～30 000kg。如果马铃薯覆盖地膜栽培，则成熟更早、产量更高（卢良恕，1999）。

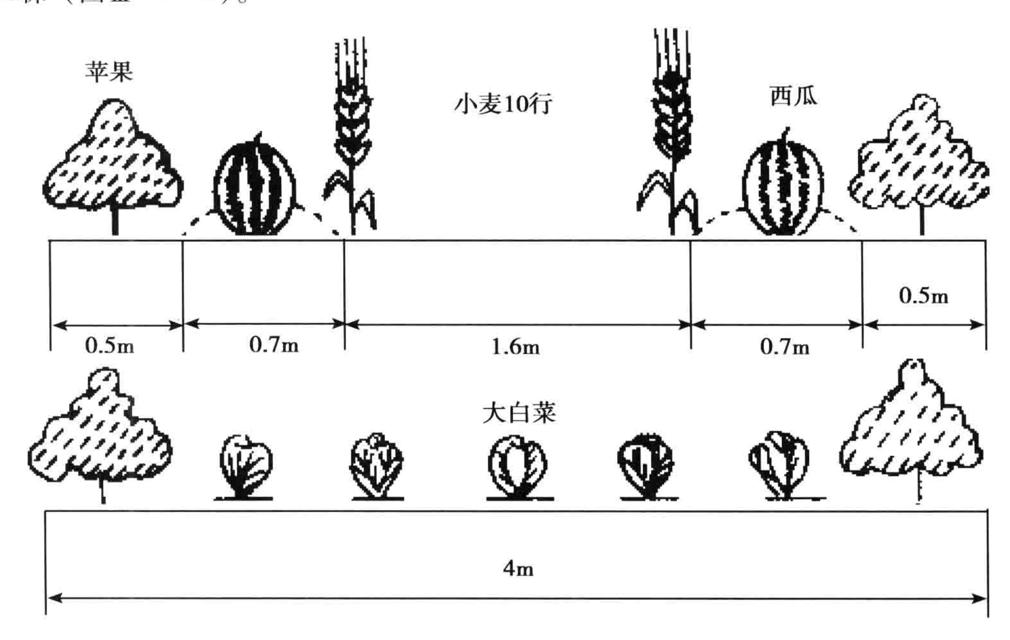
（四）平地苹果、小麦、西瓜、大白菜立体种植

1. 合理配置土地 苹果树行距4m、株距2m，每亩定植83棵。套种时果树留1m宽的营养带。

（1）小麦 果树行间种9行小麦，行距20cm，占地160cm宽，每亩基本苗达到15万株。

（2）西瓜 种在果树营养带和小麦边行之间，在70cm的瓜埂上每两行果树之间种两行西瓜，株距50cm，每亩种600～800株。

（3）大白菜 麦、瓜收获后整地接种大白菜，行距60cm、株距50cm，每亩定植1 600株（图Ⅲ－1－2）。



图Ⅲ－1－2 苹果、小麦、西瓜、大白菜立体种植示意（蒋家樟，1991）

2. 品种选择 苹果树选用M9、M26作中间砧，砧木选用海棠苗，接穗选用红富士、秦冠、新红星、金帅等品种，嫁接成矮化中间砧苹果苗。小麦选用矮秆、抗倒伏、抗病、早熟、丰产性好的品种；西瓜选用抗病性强、丰产性好的品种；大白菜选用抗病、适应性强、耐贮运的品种。

3. 播种、收获时间 苹果于9月底或10月初收获。小麦于每年10月中下旬播种，翌年6月收割。西瓜于2月底3月初利用营养钵火炕育苗，3月下旬移栽，在瓜埂上盖膜与地膜，6月下旬收摘结束。大白菜于7月下旬整地，8月中旬播种，11月底收获。

4. 管理措施 矮化密植苹果定植时要选择大苗，以利于提前进入盛果期。进入结果期后，结合深翻改土施底肥，每株施农家肥100kg、果树专用肥2kg，施肥后浇足越冬水。

春季开花的与果子膨大期之前分别每亩施复合肥 40kg，施后浇水，以水促肥。对矮化密植果树要合理修剪，树体以圆柱形或纺锤形树冠为好。冬季清除园中病源和越冬虫的潜伏物，如枯枝杂草等。收麦前后各打一遍波尔多液，以防治早期落叶病和红蜘蛛；7～8 月份每 15d 交替喷打 1 次波尔多液、退菌特杀菌剂、敌杀死，以防治苹果炭疽病和食心虫等。

（1）小麦　保证播种质量，基本苗达到 15 万株/亩。播种前每亩施农家肥 5 000kg，饼肥、NH_4HCO_3 和过磷酸钙各 50kg。小麦播后，根据年前苗情长相分别追施尿素 5～10kg。生长后期应做好小麦的"一喷三防"工作，严防锈病、白粉病、麦穗蚜的发生和干热风的为害，以保小麦丰收。

（2）西瓜　及时移栽，麦后及时灭茬。移栽前施足底肥，每亩施农家肥 5 000kg、饼肥 100～150kg。瓜坐稳后，每亩施复合肥 10～15kg。膨瓜期注意浇水。移栽缓苗后，撒施 50 倍敌百虫毒麸防治地下害虫。苗期发生地蛆时，可用 800 倍液敌百虫灌根。蚜虫点片发生时，喷洒 1 000～1 500 倍液农药，炭疽病发生时可用 500～800 倍液复方多菌灵防治。

（3）大白菜　高垄直播，播后及时灌水保苗。9 月上旬定苗，每亩留苗 1 800 株。定苗后每亩追施尿素 15kg，并浇一水。9 月底再追肥一次，以促进包心，此时不能缺水。

5. 经济效益　3～4 年生矮化苹果每亩产 500kg；小麦套种面积每亩产 250kg，西瓜套种面积每亩产 2 500kg；大白菜套种面积每亩产 4 000kg。因此，该模式投入少，效益非常显著。

6. 注意事项　果树进入盛果期后树行间郁闭，此时不宜间作套种。果品产量增加，经济收入转为以果为主。此模式适用于人多地少劳动力充足的农村推广。在苹果进入盛果期后，可在园内树荫下种植耐阴菌类，以达到少投资多收益的目的（蒋家樟，1991）。

（五）平地苹果、小麦、蒜苗、西瓜、马铃薯立体种植

1. 栽培技术要点

（1）合理配置土地　按 10.2m 为一种植带。每种植带栽 2 行苹果，前 1～3 年可间种 11 行小麦，35 行蒜苗，5 行西瓜，秋季间种 13 垄马铃薯。3 年以后，由于苹果树冠的逐渐扩大，其间作物可缩减为 6 行小麦、21 行蒜苗、3 行西瓜、9 垄马铃薯。以后可照此连年间作套种。按此设计合理安排土地。苹果采用宽窄行三角定植，行、株距为（7.2＋3）m×3m，每亩栽 44 株。苹果行划定后，暂留 1m 宽作为冬春季挖坑栽苹果用，其余每 1.4m 为一种植带，每种植带种 2 行小麦，再起一条宽 70cm 的瓜背。

（2）品种选择　小麦、西瓜、马铃薯等要选用当地种子部门推广的优良品种；苹果必须选用短枝类型品种或接有中间矮化砧的矮化品种。

（3）种植时期与方法　播种前要深耕细耙，施足底肥，墒情良好。

①小麦　每亩施有机肥 3 000kg、NH_4HCO_3 40kg、P 肥 40kg 作底肥，在 10 月上旬播种。

②蒜苗　9 月下旬播种于西瓜垄背上。栽植时按 10～12cm 行距开沟，顺沟每亩施尿素 5kg 作为种肥，然后按株距 3～5cm 摆种蒜盖土，随即浇水。翌年春天解冻后，及时中

耕松土，追肥浇水，促使蒜苗迅速生长，3 月下旬即可采收。

③西瓜　蒜苗采收后于垄背每亩加饼肥 100kg。4 月上旬播种，每垄一行，株距 35 ~ 40cm，每亩种 1 100株左右，播后覆地膜。

④苹果　于 2 月中旬至 3 月中旬挖坑栽植。坑 1m 见方，每坑施有机肥 100kg，与土充分混合后封入坑内，边封土边踏实，封至离地面 15 ~ 20cm 时，把苹果苗放入坑内，继续填土，轻提果苗，踏实。栽的深度应使根茎与地表平齐，立即培垄灌足水，浇后培土扶直即可。

⑤马铃薯　马铃薯结薯适宜冷凉气候，收薯期又不能影响种麦，因此，播种不能过早，但也不能太晚。秋作马铃薯的播期要安排在 8 月中旬种麦前 60d 左右出苗为宜。要选择早熟、丰产、抗退化、休眠期短而易于打破休眠的品种。秋作栽培的马铃薯可选当年春季生产的种薯，采用 30 ~ 50g 的小块薯催芽播种。催芽方法用 5mg/L 赤霉素浸种 10 ~ 20min，取出晾干后用湿沙层盖 6 ~ 8d，待芽长 3cm 左右时从沙中起出薯块，暴露在散射光下，进行 1 ~ 2d 的绿化锻炼，即可按 55 ~ 65cm 行距和 20 ~ 25cm 株距浅沟栽培。沟深 10 ~ 12cm，以等距放入种薯，覆土，起垄。每亩保苗4 500 ~ 6 000株，播后 7 ~ 10d 要求苗出齐。

⑥管理措施　实行间作套种立体种植，其季节性强，农活多，技术复杂，管理必须环环扣紧。特别要抓好虫害防治、中耕除草、增施肥料、适时浇水，以及果树的整形修剪，西瓜的留蔓保瓜，秋作马铃薯的起垄培土、浇水降温等工作，以保证所有间种作物生长良好，获得高产、高效益。

2. 经济效益　进入盛果期后每亩产苹果2 500kg、小麦 100kg、西瓜2 000kg、马铃薯 1 500kg、蒜苗1 200kg。总产值和纯收益显著（蒋家樟，1991）。

（六）幼龄苹果园间作花生

1. 栽培模式技术要点　新植苹果幼树多数行株距为 5m × 4m 或 5m × 3m，定植后在苹果幼树行向两侧各 50cm，培宽 0. 2m、高 0. 2m 的土埂，行间则留出 3. 5 ~ 4. 0m 的空地，行间有 3. 8 ~ 4. 0m 的空地。前 1 ~ 3 年行间空地每隔 20 ~ 25cm 铺一幅 60 ~ 70cm 宽的地膜，每个行间铺 4 幅，每幅铺膜播 2 行花生，行距 40 ~ 45cm，株距 15 ~ 16cm，按三角形方式点播。随着树龄的增加和树冠的增大，在施有机肥的同时加宽果树行间的清耕部分，使之达到 1. 5 ~ 1. 8m，行间改铺 2 ~ 3 幅地膜，即每行间播 4 ~ 6 行花生，以不影响花生的光照，又便于苹果管理为宜（任宝君，2005）。

（1）苹果幼树管理　幼龄苹果以春季修剪为宜，3 月底完成，修剪量要轻。夏季对 3 年以上的幼树非骨干枝采取摘心、扭梢、喷用生长调节剂等措施，促其及早成花结果；9 月上旬以前对所有未停长的新梢进行摘心，以保证新枝安全越冬。春季第一次追肥浇水应在 5 月上旬幼树新梢量旺长前进行，株施尿素 0. 1 ~ 0. 2kg 并浇水，6 月土壤易干旱，可浇水 1 ~ 2 次，7 月新梢生长缓和时，株施复合肥 0. 1 ~ 0. 2kg，8 月下旬施用农家肥，1 ~ 3 年生每株 25 ~ 50kg，4 ~ 5 年生 50 ~ 100kg，每次施肥浇水后及时中耕除草。萌芽前喷一次 5 度石硫合剂，5 月下旬至 6 月上旬喷 600 倍液 50% 的甲基托布津 1 ~ 2 次，可防止早期落叶病；5 月是苹果小卷叶蛾、天幕毛虫等害虫的为害盛期，每隔 20d 喷一次 50% 辛硫磷

800 倍液或 40% 水胺硫磷1 000倍液，共喷 2 ~ 3 次，可兼治蚜虫、红蜘蛛等。

（2）花生的栽培管理　施足底肥是花生获得高产的关键。播种前亩施农家肥3 000 ~ 4 000kg，过磷酸钙 30 ~ 40kg，NH_4HCO_3 25 ~ 30kg，耕翻后做成高 5 ~ 8cm，宽 65 ~ 70cm 的高畦，搂平，每亩用40% 的除草剂 0. 3 ~ 0. 4kg，加水 100kg 喷于畦表面，喷后立即盖膜；若墒情不好，应在耕前浇水。覆膜 15d 后播种，每亩点播3 000 ~ 9 000穴；花生出土后 20d 每亩施尿素 5 ~ 10kg，开花后在花生中央压一把土，有利于果针入土；7 月以后喷两次 50% 的多菌灵可湿性粉剂 800 倍液，或喷 50% 代森锰锌 600 ~ 800 倍液。两次用药间隔 15d（任宝君，2005）。

2. 效益分析　间种的作物第一年和第三年收成略小于翌年。因为第一年土地贫瘠，第三年果树已长大，与间种作物争光争肥。间种农作物的苹果园与不间种农作物的后期生长与结实量没有差异。早期间种，既得到较高的经济效益，也有利于对果树抚育管理，可谓一举两得，值得推广（金彩霞，1996）。

六、以葡萄为主的间作模式

（一）葡萄间作小麦

1. 种植规格　“美人指”葡萄系日本品种，外观好看，品质高，抗病性较差，在河南省商水县必须采用避雨栽培，即三隔离技术：搭建避雨棚、果穗套袋、覆盖地膜。郑麦 366 为河南省农业科学院小麦研究中心育成的优质小麦品种，该品种株高 70cm，株型紧凑，茎秆弹性好，矮秆，抗倒伏，播期弹性大，苗期半直立，越冬抗寒性好，属于早熟类型，综合抗病性较优。适宜黄淮南片的河南省、山东省西部、安徽省北部等地区种植，最适播期为 10 月 10 ~ 25 日，每亩播量 6 ~ 8kg。

在河南省商水县，“美人指”葡萄4 月上旬萌芽，5 月中旬开花（花期7d），5 月下旬进入旺盛生长期，9 月中旬果实成熟，11 月中下旬进入休眠期。小麦 1 月中旬播种，翌年 3 月后返青拔节、抽穗，6 月初收获，基本上互不影响，并且优质效果更好。“美人指”葡萄采用了避雨栽培，在商水县能种植成功，只要没有特殊的自然灾害，葡萄种植不会出现自然风险，加上河南省人口多，葡萄种植面积相对较小，市场缺口大，相应市场风险也较小。小麦只要按照常规技术进行栽培，存在的风险性更小。因此，该间作模式是可行的。

2. 栽培技术要点

（1）葡萄栽培技术

① 肥水管理　新建葡萄园，新梢长至 50cm 后施第一次肥，用尿素 20 倍液灌注，每株灌注肥水 0. 5kg；6 月上旬株施三元复合肥 50g，7 月株施不含 N 的 P、K 复合肥 100g。幼龄树注意勤施少施，7 月以后不施 N 肥，否则，影响枝蔓成熟。幼树结合施肥浇水，保持地面湿润。结果园，在萌芽前每亩追施尿素 30kg，萌芽后至开花前每亩追施多元复合肥 50kg，坐果后每亩追施 K_2SO_4 50kg。秋施基肥，每亩施烘干鸡粪2 000kg、钙镁磷肥 100kg。结果树浇足催芽水后，在不是特别干旱的情况下，尽量少浇水。

② 架式与整形修剪　架式采用宽面 80°“V”形架，即为 1 根主干，2 条臂蔓，10 ~

12 条结果母枝分布两边。

A. 定植当年整形及枝蔓管理　定植苗旁边插 1 根竹竿，选留 1 条强壮新梢向上生长并及时引缚，在新梢长至 90cm 时摘心，留顶端 2 条副梢，往左右两侧引缚，形成 2 条永久性水平臂蔓，2 条臂蔓长至 50cm 时摘心，在左右 2 个臂蔓上各留 5 ~ 6 条强壮副梢作为第二年结果母枝。副梢第一次留 4 片叶摘心，以后留 2 片叶摘心，反复进行。

B. 成龄树的枝蔓管理　冬季修剪时，长 80 ~ 120cm 的结果母枝留 3 ~ 5 个饱满芽短截，长度达不到 80cm 的结果母枝留 1 ~ 2 个芽短截，为翌年培育预备枝。结果枝花序以上留 1 ~ 2 片叶摘心，顶端副梢延伸生长，长出 2 ~ 3 片叶摘心，反复进行，直到停止生长。预备枝 4 ~ 5 片叶摘心，留顶端副梢延伸生长，同样留 2 片叶摘心，反复进行，直至停止生长。

③ 搭建避雨棚　每行葡萄搭建 1 个避雨棚。避雨棚由棚柱、横梁、弓片、棚膜、拉线等组成。棚宽 1.6 ~ 1.8m，棚弓高 0.4m，每隔 1m 固定 1 根弓形竹片或 1cm 粗的竹竿，竹片或竹竿长 2.2m。5 月下旬扣膜，膜两边用夹子固定在竹竿或钢丝上，在膜上每隔 1m 用拉膜线固定牢即可。9 月下旬采果后揭膜，膜厚度以 0.03mm 为宜，避雨棚宽与叶幕宽相当或宽出 10cm，避雨棚高出叶幕 30 ~ 50cm。

④ 花果管理　试验园“美人指”葡萄每亩栽植 222 株，每株留果穗 10 个，平均果穗重按 650g 计算，每亩产量达 1 443kg。“美人指”是高档礼品葡萄，售价较高，为了保证果实优质，每亩产量必须控制在 1 500kg 以下，所以，每亩留 2 000 ~ 2 300 个果穗比较适宜。谢花后 20d 开始整穗疏果，每果穗留果粒控制在 60 ~ 70 粒比较适中。整穗疏果结束后，对果穗进行套袋。套袋前须喷药，并注意重点喷布果穗，均匀细致，药剂晾干后，迅速套袋。

⑤ 病虫害防治　冬季清园，集中烧毁病叶、病枝、病皮。萌芽前喷波美度石硫合剂。展叶期到新梢生长期喷 78% 科博可湿性粉剂 400 ~ 500 倍液或 80% 必备可湿性粉剂 400 倍液，每隔 10 ~ 15d 喷 1 次。花前喷 50% 多菌灵可湿性粉剂 800 倍液、70% 甲基托布津可湿性粉剂 1 000 倍液。幼果期至套袋前喷 50% 保倍福美双水分散粒剂 1 500 倍液 + 20% 苯醚甲环唑水分散粒剂 3 000 倍液。喷药时加入澳洲液肥 100 倍液，以后每隔 10 ~ 15d 喷 1 次。果实采收后，喷 1∶1∶150 倍波尔多液，注意保护叶片。

（2）小麦栽培技术

① 做好麦播准备

A. 培肥地力，合理施肥　底肥一般要求每亩施有机肥 2 500kg、NH_4HCO_3 50 ~ 60kg 或 $CO(NH_2)_2$（尿素）20 ~ 25kg、过磷酸钙［主要成分有重过磷酸钙 $Ca(H_2PO_4)_2$ 和石膏 $CuSO_4 \cdot 2H_2O$］50 ~ 60kg 或 $(NH_4)_2HPO_4$ 20kg（注：如果施用磷酸二铵作 P 肥可减少尿素用量 7.5kg 或碳酸氢铵 20kg）、KCl 10 ~ 15kg 或 K_2SO_4 15 ~ 20kg。另准备 $CO(NH_2)_2$（尿素）7.5 ~ 10kg，用作拔节期追肥。

B. 深耕细耙，足墒播种　适当深耕，打破犁底层，不漏耕，耕透耙透，无明暗坷垃，达到上松下实，地面平整。播前土壤墒情不足的应造墒播种。悬耕耙耙过的土壤一定要踏实后再播种，否则，一定要浇好越冬水。

② 搞好田间管理

A. 冬前管理　查苗补种，疏苗移栽。对缺苗的地段要用郑麦 366 种子，进行浸种催

芽补种，且越早越好；没留种子的可在小麦分蘖后疏稠补稀，移苗覆土深度以“上不压心、下不露白”为标准，并及时浇水。

B. 酌情用好冬前肥水　生长正常的壮苗麦田，冬前一般不需要管理；如果播种时底墒不足或冬季干旱就要浇 1 次越冬水（时间 11 月底至 12 月初），浇后应适时浅锄松土。

C. 春季管理　在小麦返青期提倡中耕锄草；在起身期前后应重点防治纹枯病，药剂可选用粉锈宁（三唑酮）、烯唑醇（特谱唑、禾果利）、井冈霉素等，按包装说明均匀喷洒植株基部；在拔节期应结合浇水每亩追施 $CO(NH_2)_2$（尿素）7.5 ~ 10kg。

D. 中后期管理

防治病虫：白粉病、锈病和蚜虫综合防治可混合用药，即每亩用 20% 粉锈宁可湿性粉剂 50g，加 50% 抗蚜威可湿性粉剂 8 ~ 10g，加水 50kg 混合均匀叶面喷施。赤霉病防治可在小麦抽齐穗后喷洒 1 次多菌灵或甲基托布津，若花期遇雨，可在开花后再补防 1 次；此药还兼治叶枯病。

叶面喷肥：扬花期后 5 ~ 10d，每亩用 KH_2PO_3 200g + $CO(NH_2)_2$（尿素）500g + 水 50kg 叶面喷施（可结合防病虫同时混合喷洒），有助于提高千粒重和品质。

控制浇水：在扬花后至灌浆初期如遇干旱天气，可浇 1 次灌浆水；但在收获前 15d 之后要避免浇水，以免影响籽粒的光泽度和角质率。

③ 适时收获　一般在小麦蜡熟末期和完熟期及时抢收，晒干（水分低于 12.5%）即可入仓贮存。

3. 葡萄和小麦间作模式适宜区域　该间作模式适应于葡萄、小麦共同适宜区。由于在河南省商水县间作试验为 2 个周期，其他地区要经过试种才可推广。

4. 效益分析　“美人指”葡萄园建于 2002 年 3 月，面积 500 亩，行株距 3m × 1m，每亩栽植 222 株，架式采用宽面 80° “V” 形架，目前已进入盛果期。2007 年、2008 年 10 月中旬在葡萄树行间播种 7 行小麦（宽度 1.4m），6 月初收获小麦，9 月中旬收获葡萄。2008 ~ 2009 年葡萄与小麦的产量及效益见表Ⅲ –1 –1。

表Ⅲ –1 –1　2008 ~ 2009 年葡萄间作小麦的产量及效益（吕中伟，2010）

作物种类	产量（kg/亩）		售价（元/kg）		产值（元/亩）	
	2008 年	2009 年	2008 年	2009 年	2008 年	2009 年
葡萄	1 480.0	1 520.0	6.0	8.0	8 880.0	12 160.0
小麦	350.0	360.0	1.8	1.9	630.0	684.0

（二）葡萄间作其他作物

1. 平地葡萄、马铃薯、甘蓝、芹菜立体种植

（1）合理配置土地　葡萄株行距为 1m × 2.5m，行间马铃薯和甘蓝、芹菜间作栽植。

（2）选用优良品种，合理密植，加强管理。

①葡萄　葡萄采用丰产、优质、早熟的优良品种。株、行距为 1m × 2.5m，3 月份定植，7 月底、8 月初收获。葡萄的管理措施如下：一是水肥管理。在开花前后期，如遇干

旱天气各灌一次水。果实膨大期需水量最多。采果前应施足基肥，每亩施有机肥3 000～5 000kg，开沟深施。另在开花前、幼果膨大期用0.3%～0.5%的尿素、KH_2PO_4叶面喷施，或施复合肥各一次。二是整形及冬夏修剪。葡萄整形采用多主蔓自然扇形，尽量使葡萄合理布满架面。葡萄修剪（冬前剪）一般在冬至前后最为理想；夏季修剪在葡萄幼芽萌动抽枝以后进行，以新梢摘心抹芽、去卷须、新梢引绑为主要内容。在果穗以上达7片叶时进行第一次摘心，摘心后保留顶端副梢一个，其余副梢全部抹去，待副梢长至4片叶时再进行第二次摘心，管理方法与第一次摘心后相同。三是病虫害防治。葡萄的病害主要有葡萄黑痘病和炭疽病。其主要防治措施是在5月下旬用1∶1∶200等量式波尔多液或600倍退菌特液每隔15～20d进行一次防治，连续3～4次防治即可。

②马铃薯　葡萄行间可套种6行马铃薯。马铃薯选用早熟、丰产的品种。春季马铃薯3月10日前切块催芽直播，6月20日收获。其株、行距为15cm×40cm，播种深度为7～8cm。播种前施底肥3 000kg，墒情要足，出苗70%时每亩追施尿素20kg，灌水后及时中耕、培土。开花前后连灌三水，促薯膨大，收前1周停止灌水。

③甘蓝　马铃薯收后，于葡萄行间，按株、行距30cm×45cm定植甘蓝，可套种4行；于5月下旬育苗，6月下旬定植，注意虫害防治，9月份开始收获。

④芹菜　芹菜于7月底育苗，9月底按7～8cm见方单株定植，10月份搭地膜拱棚，翌年1～2月收获（冬季拱棚夜间要覆盖草帘防寒）。

（3）经济效益　全年每亩可产葡萄1 000kg；葡萄间作马铃薯半亩收获500kg；间作甘蓝半亩收获1 500kg；间作芹菜半亩。总产值和纯收入效益可观（卢良恕，1999）。

2. 葡萄间作花生　葡萄园栽植时，葡萄按行距250cm，株距10cm定植，每亩栽200株。采用单壁篱架，水泥架杆地上部分不少于200cm，杆距600～800cm，架杆之间从下向上每40cm拉一条8号铁丝供攀缘。葡萄苗栽植带为100cm，并较地面低10cm左右，以利灌水、追肥。2行葡萄之间除栽植带外，留有150cm的空地。经耕翻施肥后，于4月下旬至5月上旬，在空地上播种花生4行，行距26.5cm，占地宽106cm，两边各留22cm便于管理通行。花生株距24cm，每亩共4 400穴，每穴2粒，亩留苗8 800株。

（1）选用品种　葡萄选用产量高、耐贮运、市场好的品种；花生选用高产、粒大、含油率高的品种。

（2）栽培管理　4月上旬树液开始流动，葡萄应及时出土上架。如果是上年秋季新栽葡萄，应适当推迟到4月下旬出土。出土后立即喷洒波美3～5度的石硫合剂防治病虫害，同时，预防黑绒金龟子为害新芽。4月中旬以后是葡萄新梢生长期，应每亩追施尿素15kg，促进幼芽早发。出芽后，抹去双芽和3芽中的弱芽、过强芽，只留单芽，亩留芽1 000～1 200株。新梢长到20cm并见到花序后，应去掉弱枝和过密枝，每亩留新梢800～1 000条，每平方米架面留新梢15～20个。同时，进行疏花序、切穗尖，亩留花序6 000个左右。开花前1周左右，主梢留5～7片叶摘心，副梢留1片叶摘心，同时绑蔓、去卷须。

4月下旬至5月上旬，地膜覆盖播种花生。播前在耕翻土地同时每亩施优质农家肥3 000kg，P肥50kg，$NH_4HCO_3$40kg作底肥，耙耱平整。种子要带壳晒种2～3d，用40℃温水浸种12h，捞出后置于25～30℃室内催芽，待胚根露尖时播种。播种时起垄覆膜，垄距85～90cm，垄沟宽30cm，垄高13cm。垄面要用耙子推平拉细，以保证覆膜后能拉平、

铺直、贴实拉紧。覆膜前要喷洒除草剂，常用乙草胺，每亩用量 50ml，加水 50kg，均匀喷洒在垄面及垄的两边，以垄面见湿为准。地膜宽 90cm，膜厚 0.004mm，边喷除草剂边覆膜，覆后两边的土必须将膜压紧，以防大风吹起地膜。7 月份为葡萄果膨大期、花生盛花期，要适时浇水，并结合浇水每亩追 $NH_4NO_3$30kg 或尿素 20kg。9 月份浆果成熟，选择着色较好的陆续采收上市。采收后，对葡萄开沟扩穴，每亩施农家肥 4 000 kg，P 肥 200kg，K_2SO_4 30kg，与土混匀回填沟内并浇水。9 月下旬或 10 月下旬落叶后开始修剪，每株留主蔓 2～3 条，每条主蔓留 4～5 个结果枝。小雪前浇足封冻水，捆绑枝蔓顺行按倒埋土，埋土厚度 20cm 以上，保护越冬。

（3）病虫害防治　5 月下旬至 6 月下旬为葡萄开花期，防治黑痘病和毛毡病。每亩用多菌灵 100g，加水 15kg 喷雾。防治斑衣蜡蝉、小叶蝉每亩用辛硫磷 100g，加水 20kg 喷雾。7 月下旬浆果膨大期也是霜霉病高发期，要用波尔多液、乙膦铝等农药每隔 7～10d 喷洒 1 次，连喷 3 次，同时用菊酯类农药防治叶蝉类虫害发生。

3. 效益分析　每亩产葡萄 800kg，花生亩产 400kg，经济效益良好，可有力带动农民增收（丰希琴，2004）。

七、以茶树为主间作模式

茶树是喜温湿、漫射光的多年生作物，在茶园中间套适宜的作物是提高茶园经济效益的一项措施。间作套种是茶园立体开发和仿生栽培的重要内容，对于改善园区生态环境，提高茶叶量、质和经济效益具有积极作用。茶园栽种遮阳树能提高产量和绿茶品质，在强光、高温和低湿地区适度遮阳更是必要的生产性措施。但光照强度是间作的主导生态因子，遮阳度不能超过 40%。间作豆科植物具有固 N 肥园的效果，间作的果树株、行距为 5～9m，部分茶区还间作茶用香花植物和一年生低矮作物。食用菌适应性强、再生周期短，可直接间作或将室内培养的菌体移出生长。幼龄茶园间作花生、花生—大蒜、花生—白菜的效益较佳，通常是秋冬季间作绿肥、蔬菜，春夏季间作花生、大豆。短期间作物忌阔叶、藤蔓作物，可选择薏仁米、花生、大豆、辣椒、小米等；中长期间作物忌阔叶乔木，可选用梨、桃、苹果、柑橘、板栗、杜仲、银杏等适生经济型树种（王辉，2011）。

（一）茶树间作小麦

1. 树龄选择　茶树与粮食作物的间作套种模式在实施前期的 4 年不会影响粮食丰产，中期实现茶叶和粮食的双丰收。

2. 种植规格和模式　行距 2m 或 4m，株距 25～30cm。行距 2m 的单行单株，行距 4m 的单行双株，密度为18 000～19 500株/hm^2。

3. 技术要点

（1）茶树种植

①园地选择　选择海拔在1 800～2 400m，土质和气候等条件适合于种植茶树，但种植粮食作物产量偏低的地块。

②设置种植沟　作物收获后，对所选地块划定种植沟。从地块底部开始，离地埂 50cm 左右，依次往上每隔 2m 或 4m 等高线水平挖种植沟，沟宽 30cm，沟深 20cm 。

③茶苗移栽　根据不同区域气候状况，移栽时间可选在6月中旬至7月上旬。行距2m或4m，株距25～30cm。行距2m的单行单株，行距4m的单行双株，密度为18 000～19 500株/hm^2。在定植穴中，将药剂拌土撒入穴中，然后进行茶苗移栽，移栽后浇足定根水，并立即用地膜覆盖墒面。

（2）茶树管理

①设立标志　在茶苗定植处用小木棍或竹签设立醒目标志，以免农事操作时损伤茶苗。

②排水　每隔1m左右开挖1个排水口，以便雨季能及时排除积水，避免茶苗受涝。

③培土　9～10月份雨季即将结束时，进行茶苗根部培土。培土时将茶苗1～2片叶埋入土中，可起到保水、保温、防冻等作用。

④防治害虫　茶苗移栽初期易遭受蚂蚁、土蚕、地老虎等地下害虫的为害。在茶苗成长期3年内于每年2～3月和7～8月用药剂灌根防治。

⑤抗旱保苗　在12月至翌年6月要进行抗旱保苗。

⑥及时施肥　茶苗移栽后翌年的6～7月结合晚春作物（主要是玉米）中耕进行第一次施肥。9～10月种植作物时进行第二次施肥。用少量复合肥或P肥、K肥撒施于茶苗四周，然后进行挖土覆盖，切忌打塘或挖穴施肥，以免茶苗遭受肥害。第三年、第四年在作物收割后施肥1次，结合晚春作物（主要是玉米）中耕再施肥1～2次，肥料以尿素和复合肥为主。基肥在9～10月作物收割后下茬作物播种前施1次，肥料以有机肥和复合肥为主。

种植粮食作物时，在定植沟两侧20cm内不种植作物，避免作物与茶苗争肥水，造成茶苗过度遮阳，作物收割后茶苗被暴晒致死。

⑦定型修剪　幼年期茶树进行3～4次定型。第一次于苗高40cm左右，留15cm剪除主枝；第二次于苗高50～55cm，留30～35cm剪除次生主梢；第三次于苗高70cm以上，留50～55cm剪去以上部分，然后打顶采摘。茶季结束后，在3次定型修剪基础上提高10～15cm进行1次轻修剪。

（3）小麦的种植及管理

①选用良种　选用优质强筋适宜间作的小麦品种。用种量为每公顷90～120kg。

②整地与播种规格　深耕细耙，耕耙配套，开沟条播。播距10cm，适期精量播种。

③施肥　平衡施肥，施足底肥。一般每公顷施有机肥45t，纯N105kg，P（P_2O_5）75kg，K（K_2O）60kg。有机肥和P肥、K肥、Zn肥均作底肥；N肥分期施，50%作底肥，50%于翌年春季小麦拔节期追施。

④田间管理　前期管理争取苗齐、苗匀、苗全、苗壮，适当控制施肥量，冬前浇足越冬水，春季浇水推迟至拔节后。中期管理从开始拔节至抽穗、开花期，主要是塑造合理株型，争取壮秆大穗；拔节期要控制肥水，适当蹲苗。在小麦进入两极分化阶段，要加强肥水管理，施肥、灌水量要大。后期管理从抽穗、开花至成熟期，以养根护叶、防止早衰为目标，最终实现保花增粒，提高粒重和品质。小麦乳熟期至收割阶段应适当控制水分，在抽穗后一般不再浇水。可于开花期和灌浆期分别每公顷用尿素15kg，加水450kg叶面喷洒，可起到增加粒重、提高角质率的作用（赵尹强，2010）。

（二）茶树间作小黑麦

茶树和小黑麦间作能有效提高土地当量比。在长期的系统发育过程中，茶树形成了耐阴、喜温、喜湿、喜漫射光等生物学特性。将喜光的小黑麦与耐阴的茶树按照不同的带型种植在一起，异质互补，能够优化种群结构配置，改善系统的光照、温度等环境生态因子，达到充分利用幼龄茶园光热资源的目的。茶树与小黑麦间作这一结论与林茶复合系统的生态特性研究结论是一致的。一些研究结果表明，在幼龄茶园中采用2∶1型或者2∶3型带型，即在幼龄茶树的宽行中种植1行或3行小黑麦，可以增加茶园的覆盖度，保温防冻，利于幼龄茶树安全越冬，同时，可以为畜牧业提供优质的青料饲草，促进养殖业的发展。

幼龄茶树与小黑麦间作可增加幼龄茶园地表覆盖度，提高茶园气温和土温，降低土温变幅，有利于幼龄茶树安全越冬（董召荣，2007）。

（三）茶树间作其他作物

1. 种植结构 在幼龄茶园（主要是初期1～2年）的行间可以种植大麦、小麦、玉米、大豆、蚕豆、豌豆等作物，也可种萝卜、大白菜、花菜、包心菜、青菜等蔬菜作物和白术、浙贝、元胡等药材作物，以及油菜、花生等油料作物。间套作物的行株距视茶树行株距、树龄、时期及间套作物的种类而定。一般1～2龄茶树，根幅已达40cm以上，可在距茶蓬40～50cm以外的行间套种2～3行作物。如套种玉米等高秆作物，以条播一条为好。3～4龄茶园，其根幅可达100cm以上，可在距茶树50～60cm行间种植1～2行作物。5龄茶园已基本成园，根系在行间密布，除适当套种矮秆绿肥外，不宜套种其他作物。

2. 栽培技术要点 不要间套与茶树有共同病虫害的作物，如芝麻、黄芽菜等。茶园套种芝麻，茶苗病害加重，死亡率高；套种黄芽菜，茶园蚜虫为害严重。并注意粮油作物与绿肥作物的适当轮作。要考虑到茶树与间套作物不同的需肥特性，在施肥时，要实行专肥专用，保证茶树的正常生长（卢良恕，2003）。

3. 效益分析 间作茶园具有较多的物种和个体以及较大的多样性。从单行条植茶园、梨—茶间作到栗—茶间作，总物种数、益害物种数之比、益害个体数之比、群落的多样性、稳定性皆有递增的趋势，食物网、链渐趋复杂 。三类茶园虫害程度、多样性等差别较大的根本原因在于间作丰富了群落的植物相，改变了小气候、食料和群落组成。天敌在害虫多样且环境稳定的生境中易找到食物和庇护场，所以，维持自身种群的发展因而长期制约害虫（王辉，2011）。

八、核桃树间作粮食作物

（一）树龄选择

在核桃树间作粮食作物模式中，新定植1～5年的幼树，树体小，对小麦的影响不突出，产量与单作小麦相当。随树龄的增大，遮光对小麦的影响加剧，小麦的产量逐渐降低。至10～12年盛果期，树冠封行，小麦产量降为2～3年幼树期的40%～50%，为保障

盛果期核桃树的产量和效益，一般不间作小麦，或仅在树行，中轴线两侧，1/3 间作单元进行种植，直至树体遮阳无法保障小麦的产量和效益，小麦退出间作系统。

（二）种植规格和模式

核麦间作模式下设置 2 种播种方式，即垄作和平作。

（三）核桃树栽植技术要点

1. 栽植时间 在荒山丘陵地区发展核桃，应先修梯田，挖大鱼鳞坑，做好水土保持。春季定植在土壤解冻后早栽，秋季定植在落叶后土壤封冻前。在春季干旱地区，秋栽又比春栽成活率高，翌春发芽早，生长健壮。秋栽苗要培土，防止苗木抽干，方法是把苗干弯成弓形固定、培土，以不露树干为主。翌年春，破土扶直树干。

2. 栽植选地 核桃适宜在温暖、土层深厚、排水良好的沙壤和黑壤土上生长，宜在阳坡和背风处栽植。新栽幼树要水肥充足，要喷施新高脂膜，可保护地面水分不蒸发，苗体水分不蒸腾，隔绝病虫害，缩短缓苗期，加快根系发育。

3. 栽植方法 核桃苗木主根很长，挖坑深、宽各 0.8～1.0m，先将表土和基肥填入坑底，距坑口地表 20cm 左右。栽植时，把浸泡好的根系充分吸水的苗木用剪子修一下根后，垂直放入坑中，根系向四周舒展，然后填土踏实，与地面平齐为止，再灌透水，封土。

4. 整形修剪 为使核桃提早结果、丰产、稳产，合理整形修剪是一项很重要的技术。核桃树的修剪时期与一般的果树不同，在果实采摘后，叶未变黄前进行。华北地区以“白露”至“寒露”间修剪最好。这时候修剪，虽然因为气温低，伤口愈合慢，但养分损失少；幼树如果未结果，可提早修剪，在“处暑”节气即可开始；春季修剪一般在“立夏”前后进行，过晚则因枝叶过大，消耗养分过多，不利树木生长。

（1）幼树的整形修剪 有疏层分散形和自然开心形。

①疏层分散形 中心领导树比较明显，主枝 5～7 个，分 2～3 层，这样树形枝条多，树冠大，产量高。整形重点是定干高度为 1.5～2.5m，土壤条件差，留干要低，主枝着生位置和方向要配置得当。主枝间的距离为 1.0～1.5m，不能过近，基部三主枝的第一侧枝距主干 1.5m 左右，过近会形成把门侧，越向树冠外围各侧枝间的距离越应缩小。要注意保持中心领导枝的生长优势。在一般情况下，不能轻易换头，这是不同于其他果树修剪的重要特点。

②自然开心形 中心领导干不明显，2～3 个主枝，为 2 杈或 3 杈结构。为使核桃幼树加速扩大树冠，增加枝条数量，达到结果和早期丰产，可采用夏剪和秋剪的方法，促进较多的侧芽抽生新枝。夏剪在断枝生长即将结束时，将 50cm 以上的发育枝剪去顶部 2～3 个芽，以促进侧芽的发芽和枝条充实，增加翌年的发枝数量。秋剪是在落叶前进行，剪除向外延长的发育枝顶部不充实部分或枝长的 1/4～1/3，剪口在中上部充实饱满的外芽上，使其逐年扩大树冠和抽生较多的发育枝。对于过密的一年生细弱枝条可适当剪去。

（2）结果枝的修剪 核桃结果母枝的顶芽是混合花芽，一般不可单截，只剪去密生的细弱枝、枯枝、病虫枝、重叠枝，使通风透光，促生结实健壮的结果母枝和发育枝。

①结果母枝的修剪　树冠外围一年生的健壮枝常是翌年的结果母枝，一般不短剪。但结果母枝过多时，会造成树冠郁闭，影响通风透光，需适当剪去部分细弱的结果母枝，以稳定产量、促进树体正常发育。

②延长枝的修剪　对15～30年生的盛果期树，树冠外围各组主枝顶部抽生的一年生延长枝，可在顶芽下2～3芽处进行短截。如顶部枝条不充实，可在饱满芽处剪截，以扩大树冠和增加结果部位。

③徒长枝的修剪　徒长枝大多由内膛骨干枝上的隐芽萌发形成，在生长旺盛的成年树和衰老树上发生较多，过去多从基部剪去，称为“清膛”。近年来开始利用徒长枝结果。据河北、山东等省的经验，内膛空虚部分的徒长枝，可依着生位置和长势强弱，在1/3～1/2有饱满芽处短截，剪后2～3年即可形成结果枝，增补空隙，扩大结果范围，达到立体结果的目的。下垂枝的修剪在分杈处回缩，同时剪除干枯病虫枝，过密的下垂枝要逐年砍除。

（四）效益分析

幼龄核桃间作粮食作物能显著提高土地当量比，降低有害生物种类（郭翠珍，2010）。

九、板栗树间作粮食作物

板栗可间作小麦、食用豆类、甘薯等粮食作物。

以板栗间作小麦为例。

（一）树龄选择和种植模式

在板栗//小麦模式中，3月上旬移栽嫁接板栗苗，第三年修剪定形并开始受益，8年后进入盛果期。一般每公顷产量稳定在9 000kg以上。小麦于10月中旬或下旬播种，翌年5月下旬收获。

（二）技术要点

1. 播种方法及密度　板栗每公顷定株300株，小麦在板栗园中实行条播，每公顷播量150kg，保证基本苗300万株以上。花生实行穴播，每公顷定植30万～37.5万株。

2. 肥水管理　10月上旬播小麦前，一次性施足底肥，每公顷施有机肥22 500～30 000kg、过磷酸钙100kg。板栗全年追肥3次，追肥时间分别在4月初、8月中旬和9月底进行。施肥方法为叶面喷250倍液的尿素、KH_2PO_4，混合喷施。每年浇水灌溉3次。秋季施入基肥后浇第一次水，小麦出苗时浇第二次水，8月底至9月初栗园灌溉时浇第三次水。小麦按常规管理。

3. 整枝和防治病虫害　冬季板栗树要进行修剪，剪除病枝和细弱枝，确定骨干枝，整成自然开心形树冠。结合整枝刮削病树皮，涂刷波尔多液或石硫合剂，以防治病虫、冻伤、日灼。7月份在桃蛀螟产卵高峰期喷施400倍液的敌杀死药液或400倍液的敌敌畏药剂。

（三）效益分析

此模式每公顷产值可达30 000元，可以在大别山麓板栗园推广（卢良恕，1999）。

本章参考文献

1. 艾合买江·吐逊，海日古丽·阿不都如苏力．2011. 杏麦间作区小麦高产栽培技术. 新疆农业科技，(1)：16

2. 董召荣，沈吉，朱玉国等．2007. 幼龄茶树与小黑麦间作系统的生态效应，28(4)：66～72

3. 郭翠珍，高美琴．2010. 浅谈核桃树种植技术．试验研究，(7)：35～37

4. 蒋家樟．1991. 立体农业适用技术模式．郑州：河南科学技术出版社

5. 金彩霞．1996. 苹果树间作效益浅析．安徽林业科技，(2)：20

6. 雷钧杰，陈兴武，乔旭等．2010. 杏麦间作系统生态效应及小麦生理特性研究初报. 新疆农业科学，47（12)：2 339～2 343

7. 李军如．2011. 轮台县杏麦间作小麦区小麦高产栽培技术．新疆农业科技，(5)：20

8. 李学，赵全仁，徐万仁等．1997. 宁夏南部山区粮桑间作模式初探．技术讨论，18(72)：23～24

9. 刘冬冰，宋春霞．2010. 梨园间作早熟绿豆试验．农村科技，(7)：8～9

10. 刘红光，孙慧博，刘婷婷等．2010. 蓖麻间套作高效栽培模式．农业科技通讯，(6)：102～104

11. 刘建国，姚成等．2001. 南疆小麦/玉米带田群体特征研究．耕作与栽培，（2)：11～13

12. 刘建泉，丁国民，马世贵．2000. 梨园间作和覆草对梨树生长的影响．甘肃林业科技，(3)：50～52

13. 刘云昌．2007. 草莓与幼龄杏树间作技术．北京农业，(6)：21～22

14. 卢良恕．1993. 中国立体农业模式．北京：中国科学技术出版社

15. 卢良恕．1999. 中国立体农业概论．北京：中国科学技术出版社

16. 吕中伟，王鹏，刘德畅等．2010. 葡萄与小麦间作模式及配套栽培技术．中国果树，(3)：55～57

17. 马艳红，赵子兰．2010. 枣粮间作的优化模式．甘肃林业，(1)：31～32

18. 孟平，张劲松．2004. 梨麦间作系统水分效应与土地利用效应的研究．林业科学研究，17（2)：167～171

19. 牛步莲，李万贵．2010. 枣粮间作理论与实践．山西果树，(3)：40～42

20. 潘宝晖，曹庆鑫等．2001. 幼龄梨园的间作模式．落叶果树，(6)：51～52

21. 任宝君，马桂珍．2005. 幼龄苹果园间作花生栽培模式．作物种植，(1)：16

22. 任宝君，韩秀芹．2010. 苦参在幼龄梨园间作的效果分析与栽培管理．特种经济作物，(10)：41～42

23. 石占民，任宝君. 2010. 幼龄梨园果薯间作栽培模式研究与推广. 果农之友，(10)：16

24. 史彦江，卓热木，塔西等. 2010. 枣农间作系统小气候水平分布特征研究. 新疆农业科学，47 (5)：888～892

25. 宋建伟，朱春茂. 2005. 枣棉粮高效立体间作模式及配套技术措施. 经济林研究，23 (4)：65～68

26. 王根宪，李孟军. 2005. 早实核桃幼龄园合理间作技术. 西北园艺：果树，(6)：20

27. 王恭祎，赵波. 2009. 林地间作. 北京：中国农业科学技术出版社

28. 王辉、张俊. 2011. 茶树间作套种研究进展. 福建茶业，(4)：5～7

29. 王田利. 2010. 幼龄苹果园间作套种模式. 山西果树，7 (4)：19～21

30. 吴士平. 2001. 幼龄桑园几种间作形式. 农家之友，(5)：24

31. 徐呈祥，徐锡增. 2005. 枣粮间作的机制优化模式及管理. 江苏林业科技，32 (1)：42～45

32. 杨怀森，孙先菊. 1985. 农作物间作套种. 郑州：河南科学技术出版社

33. 杨启勇，徐梅，葛平勇等. 2010. 丘陵地杏园间作模式试验研究. 现代农业科技，(12)：103～104，106

34. 杨秀勇，孙兆祥，刘春. 2006. 沙化土地幼龄核桃间作花生高效栽培技术. 果农之友，(4)：26

35. 尹飞，毛任钊，傅伯杰等. 2008. 枣粮间作养分利用与表观损失空间差异性. 生态学报，28 (6)：2 715～2 721

36. 尹飞，毛任钊，傅伯杰等. 2009. 枣粮间作生态系统土壤氮空间分布特性. 生态学报，29 (1)：325～331

37. 于德清. 2009. 北方粮桑间作技术的探讨. 北方蚕业，30 (1)：44～45

38. 云雷，毕华兴，马雯静等. 2010. 晋西黄土区果农间作土壤养分空间分布. 农业工程学报，26 (增1)：292～299

39. 赵尹强. 2010. 南涧山区粮食作物与茶树间作套种技术. 云南农业科技，(1)：23～25

40. 甄占萱，李庆国，杨贵明等. 2008. 冀北地区桑牧粮间作防风固沙生态模拟探析. 安徽农业科学，36 (9)：3 599～3 600，3 602

41. 郑军伟. 2005. 果菜间作套种的几种高效栽培模式. 农村百事通，(22)：40～42

42. 郑军伟，张丽丽，谢冠华. 2005. 果菜间作套种高效栽培模式. 果农之友，(7)：28～29

43. 周娟，朱建奎，牛孝峰. 2007. 苹果园种草养羊效果试验小结. 安徽农业科学，13 (8)：90

44. 周丽萍，刘增文，郭冠春等. 2010. 黄土残塬沟壑区林粮间作树种枯落叶对连作麦田土壤极化的防治效应. 西北农业学报，(2)：111～117

第二章　果经间作与果菜间作

第一节　果树间作经济作物

一、杏棉间作

（一）立地条件和树龄选择

杏树适应性较强，在丘陵、山地、平地、河滩地、高山都能种植，栽培广泛。杏树远较桃耐寒，休眠期能耐 -30 ~ -25℃的低温，自然休眠期短，早春稍一回暖即可开始萌动，花期冻害临界温度蕾期为 -5℃，花期 -2.5 ~2.8℃。幼果期遇 -1℃低温即可使当年产量严重受损。杏树也能忍耐较高的气温，在平均最高气温 36.3℃时，尚能正常生长结果。杏为喜光果树，光照充足，生长结果良好，果实着色好，含糖量增加；光照不足，则枝条容易徒长，内部短枝易枯死，树冠内膛光秃，结果部位外移，果实着色差，品质下降。杏树抗旱性强，但不耐湿涝。所以，杏园应注意排水。杏树对土壤要求不严，除积水的涝洼地外，各种类型的土壤均可栽培，但以土层深厚肥沃，排水良好的沙质壤土中生长结果最好。杏树耐盐碱的能力也较强。总之，杏树应选择光照充足，背风向阳，地下水位低，排水良好，土质疏松肥沃，避免风害侵袭的地方栽植。在华北空旷的平原区栽培，需注意在迎风侧面营造防风林带。

杏为多年生落叶果树，自然生长可高达 10m 以上。其寿命长，喜光、耐寒、耐干旱、耐瘠薄。其主要产区的年平均温度为 -5 ~22℃，≥10℃的年积温为1 000 ~ 6 500℃，年降水量为 50 ~ 1 600mm，日照时数为1 800 ~ 3 400h，无霜期为 100 ~350d。由此可见，杏树不仅能在高纬度、气候寒冷、干旱的地区开花结果，而且也能在纬度较低、气候温暖、湿润多雨的地区生长发育。杏树较耐盐碱。但杏树对水分很敏感，杏园若积水 3d 以上，就会引起黄叶、落叶和死根，以致全株死亡。杏树花器和幼果对低温也很敏感，易遭晚霜为害，造成减产。

（二）环境条件对杏树生长的影响

杏树生长结果与环境条件密切相关，掌握这些条件，对科学管理杏树十分重要。

1. 温度　杏树耐寒抗热，年无霜期 100d 以上、平均气温 6 ~20℃的区域内均可从事杏树生产。在冬季 -30℃环境下可安全越冬，夏季平均温度 36.3℃、绝对高温 43.9℃下

仍能正常生长。杏树花和幼果对温度非常敏感，其危险温度、临界温度分别为：花蕾 -1.1℃、-3.9℃；盛花期 -0.6℃、-2.2℃；幼果期0℃、0.6℃。低于上述温度会造成冻花冻果，也是杏树产量不稳的主要原因。

2. 光照　杏树是强喜光树种。年日照时数1 800～3 400h，杏树生长结果良好，尤其适宜年日照2 500h 以上，或日照率大于60%。光照不足，枝条易徒长，树冠郁闭，内膛枝易枯死，使树冠光秃空膛。光照不足还影响花芽分化、败育花率增多、果实着色差、含糖量降低、果实品质下降。因此，合理整形修剪、合理密植、改善杏树通风透光条件、增加树体受光面积、保证树冠内外枝条均能良好生长、减少败育花率，是提高杏树产量和果实品质的重要措施。

3. 水分　杏树根系强大，能伸入土壤深层，是果树中极为抗旱的树种。在年降水量300～600mm 的地区，即使不灌水，也能正常生长和结实。在排水良好的园地，年降水量1 600mm 也可栽植。然而杏是不耐涝树种，杏园积水超过 3d，会引起黄叶、落叶、死根，以致全株死亡。定植当年生长正常的幼树，积水 24h 就能造成死树，故杏园一定要做好排水防涝工作。

4. 土壤　杏对土壤的要求不严，除了通气过差的积水洼地、河滩地、黏重土壤外，各种类型的土壤都可栽植，但以土层深厚的肥沃土或排水良好的沙壤土、pH 值 6.5～8 的中性土或微碱土为最宜，地下水位不宜过高（1.5m 以下）。

5. 风　杏树怕风，特别在花期，如遇 4 级以上大风，会影响昆虫传粉导致减产；大风低温会影响正常开花，甚至吹干柱头，吹落花朵，不能坐果。所以，栽植杏树要选择背风向阳处，或营造防风林网，避免在风口处栽植。

（三）间作系统小气候分布特征

不同株行距、不同树龄果树与棉花间作系统间作巷道内的光线不具有明显的时空变化特征。在时间上，间作系统间作巷道内的光强随着地球自转引起的太阳高度角变化而变化；在空间上，树冠的遮光带随着太阳的东升西落而自西向东移动，由于果树树冠的遮光，距离间作巷道两侧果树树干越远，日平均光合作用有效辐射越大。随着果树树龄的增大、树高的增加和树冠的扩张，对间作作物的遮光时间和范围逐渐扩大。一日内，间作巷道内达到棉花光饱和点以上的时间逐渐缩短，空间范围逐渐缩小。结合果树与棉花间作系统间作巷道内光分布在时间和空间上的日变化特点，发现间作系统中间作作物的光合作用有效辐射时空窗，实际上就是间作巷道一日内高于间作作物光饱和点的时空耦合区域。对于单作的农作物系统，间作物的光合作用有效辐射时空窗，只在时间上受太阳高度角的周日变化影响，因此，从理论上讲，单作物系统的光合作用有效辐射时空窗在空间上趋于无穷大。

光是光合作用的动力，也是形成叶绿素、叶绿体以及正常叶片的必要条件。此外，光还显著地调节植物光合作用酶的活性与气孔的开度。因此，光直接制约着植物叶片光合作用速率的高低。在果树与棉花间作系统中，满足棉花光合作用需求的光照条件，对作物产量与品质的形成极其重要。不同株行距、树高、冠幅和树形的果树与棉花间作形成的冠层光合作用有效辐射时空窗不同。株行距和树形相同的间作系统中，随着果树树龄的增加，

树高的增长和冠幅的扩张，杏树与棉花间作系统中棉花的“光合作用有效辐射时空窗”逐渐减小直至消失。它反映了杏棉间作系统内杏树与棉花在水肥利用上的竞争关系，杏树与棉花间作系统中棉花冠层光合作用有效辐射时空窗减小的速度，大于根系密度减小的速度。

（四）间作对棉花生长发育的影响

在与果树间作条件下，棉花的株高、LAI（叶面积指数）、单铃重、单株铃数、有效果支枝数、衣分、单位面积籽棉产量和皮棉产量与单作相比较均有不同程度的减少，果树对棉花产量影响很大。与此同时，在与果树间作条件下，间作巷道内棉花主要农艺性状及纤维品质性状的变异性均很大，主要农艺性状稳定性大小顺序为，生育期 > 衣分 > 叶面积指数 > 单铃重 > 有效果枝数 > 单株铃数 > 株高 > 单株现蕾数；主要纤维品质性状的稳定大小顺序为：整齐度 > 上半部平均长度 > 反射率 > 纺纱均匀指数 > 比强度伸长率 > 马克隆值 > 黄度。主要农艺性状与皮棉产量的关联秩序依次为：单株铃数 > 单铃重 > 有效果枝数 > 单株现蕾数 > 衣分 > 株高 > 叶面积指数 > 生育期；纤维品质性状与皮棉产量的关联秩序依次为：比强度 > 整齐度 > 纺纱均匀性指数 > 反射率 > 黄度 > 马克隆值 > 上半部平均长度 > 伸长率。棉花与果树间作条件下，棉花纤维整齐度是制约棉花纤维上半部平均长度、伸长率、反射率和纺纱均匀性指数的主导因素，伸长率是制约棉花纤维马克隆值的主导因素。在主要农艺性状中，单株铃数对皮棉产量的综合直接作用最大。在与果树间作条件下，果树对间作巷道棉花纤维整齐度、马克隆值、断裂比强度、伸长率、黄度、纺纱均匀指数影响最大。同时，对纤维上半部平均长度和反射率也有一定的影响。

（五）种植规格和技术要点

1. 物种配置

（1）杏树品种　以新疆为例。适宜南疆盆地杏棉间作的杏树品种有阿克西米西（小白杏）、木亚格、赛买提、阿克乔尔胖、黑叶杏、胡安娜、克孜郎、阿克那瓦提、巴都玉吕克等。

（2）授粉树配置　杏树栽种时，注意配置合适的授粉品种。配置 1 ~ 2 个授粉品种，与主栽品种比例以 6 ~ 8 ∶ 1 为宜，要求授粉品种与主栽品种花期相遇，授粉亲和良好，并且具有较高的经济价值。

（3）棉花品种　棉花品种选择高产、优质、抗病性和通风透光好的中早熟品种（如中棉所 43、鲁棉 28 等）。

2. 结构配置

（1）水平结构　绿洲灌溉条件下，以杏为主，兼顾粮棉的杏农间作系统。杏树株行距配置模式为（3 ~ 4）m ×（6 ~ 8）m，南北行向栽植。

（2）垂直结构　树体高度应控制在 6m 以下，定干高度 40 ~ 60cm。树冠垂直结构（树形）为三主枝开心形。

① 树体结构　干高 40 ~ 60cm，无中心干。主枝 3 ~ 4 个，主枝上下左右均匀分布各类结果枝组。基角 50° ~ 60°，腰角 60° ~ 70°，梢角 30° ~ 40°。树体高度 5 ~ 6m，一年生

至三年生可保留 4 ~5 个主枝，四年生至五年生可保留 3 ~4 个主枝，6 年生以上可保留 3 个主枝，全树最终保留主枝数 3 个。

② 树体培养　定植当年在 60 ~80cm 左右饱满芽处剪截定干。主要通过冬季修剪来促成树体骨架。第一年冬剪，在整形袋内选 3 ~4 个枝条作主枝，均匀分布在主干周围，枝条短截为 50 ~60cm，剪口外侧留芽，主枝张开 50° ~60°基角。第二年冬剪，对当年生主枝延长枝短截为 50 ~60cm，剪口留外芽，培养各主枝的侧枝，若能培养多个侧枝，则错落分留在主枝两侧，第一侧枝距离主干 50cm，相邻两侧枝间的距离 40 ~50cm，侧枝剪留长度约 40cm。第三年冬剪，在对当年生主枝的延长枝短截为 60cm 左右，剪口留饱满芽，主枝张开 60° ~70°腰角。按上一年的修剪方法，继续选留培养各主枝的侧枝，根据树势集合各主侧枝的培养来促进形成结果枝组。以后各年冬季修剪在上述基础上继续培养扩大树冠。当然还要根据树体生长情况进行夏季修剪来培养主枝、侧枝，注意利用树体生长势培养大型枝组，还要避免树体空膛。

3. 适宜间作的棉花品种　以环塔里木盆地与果树间作条件下广泛种植且具有一定代表性的鲁棉 28、新陆中 35、中棉 49、中棉 40、中棉 43 等棉花品种为试验测试品种，通过对棉花 10 个农艺性状（播种期、出苗期、开花期、盛铃期、吐絮期、株高、叶面积指数、单株现蕾数、果枝数、单株铃数）、8 个纤维品质性状（纤维上半部平均长度、整齐度、比强度、马克隆值、伸长率、反射率、黄度、纺纱均匀指数）和产量的综合分析表明，在品种生产力相近的条件下，早熟棉花品种（如中棉 43）是环塔里木盆地果树与棉花间作物种装配最适宜的棉花品种，其次是中熟品种（如中棉 40），晚熟品种最差（如新陆中 35）。具体程序如下。

（1）整地　在杏棉间作地块中，杏树沟植，沟底与农作物保持同一平面，以平地起垄打埂的方式设置 1. 8 ~2. 0m 宽度保护带（两条土埂中线之间），内径 5m，保护带上宽 0. 2m、下宽 0. 3m、高 0. 4m。保护带土埂压紧、夯实，防止漏水。

（2）灌水　于 4 月 17 日前后（杏树的坐果期，棉花的出苗期）、5 月 18 日前后（杏树的果实膨大期、棉花的 5 片真叶期），在杏树保护袋内进行沟灌两次，确保灌头水，且不使水溢出保护带。

（3）控水　严格控制保护带内的水进入间作巷道棉花地，但一定保证杏树的保护带灌透。杏树进入成熟期后控制间作巷道的间作作物棉花灌水进入杏树保护带。

（4）管理　灌水后，及时除草松土，防止水分蒸发和减少杂草竞争消耗水分、养分。

（六）效益分析

杏棉间作示范区间作 3 年杏单位面积产量较间作前增产 14. 6%，棉花增产 10. 5%，果农 3 年平均增收（含棉花）率为 44. 7%。

环塔里木盆地在行政范围上包括阿克苏、喀什、和田、克孜勒苏柯尔克孜自治州、巴音郭楞蒙古自治州 5 个地（州）的 42 个县（市）和新疆生产建设兵团（全书简称兵团）4 个师的 55 个团场，流域总人口约 900 万人，环塔里木盆地远离海洋，是中国最偏远贫困的少数民族地区之一，经济发展相对滞后，2009 年全区域农村居民人均纯收入不足 3 000元，远远低于全国和新疆的水平，生态环境的严重恶化。通过实施杏棉间作等果农间作技术，加速

了区域绿洲及农田生态环境的建设，改善了农业生态环境条件和人类生存环境，提高了各族人民的生活水平，加快了区域经济发展和社会的全面进步，对保证新疆的社会稳定和国家的长治久安起到了重要作用。而且从根本上扭转了经济社会落后的局面。

二、枣棉间作

（一）立地条件和树龄选择

1. 枣树的立地条件

（1）土壤　枣对土壤的适应性很强，几乎各种土壤都能栽枣。但土壤肥力对枣的生长发育、产量和质量却影响很大。在肥沃土地上，树高可达10m以上，结果多，产量高，寿命可达200～300年；相反，在瘠薄土地上的枣树，树高只有4～8m，产量低而不稳，寿命只有50～60年。因此，栽枣同样要改良土壤，提高肥力。研究证明，栽植在黏壤土、沙壤土上的枣树生长最好，果实含糖量也高。

（2）地势　枣对地势的要求不严格，除了风口、山顶、砾砂地之外，山、丘、平原均可种植。能适应的pH值为5.5～8.2。

（3）气温　枣是喜温果树，春季气温升高至13℃以上才发芽，18～19℃时展叶抽梢，18～20℃时开花，23～25℃时坐果。秋天气温下降至15℃时开始落叶。在开花、坐果和果实发育期间要求24～25℃以上的温度。否则坐果少，果瘦小，发育慢。

（4）降水量　枣树对降水多少的适应性也很强，在年降水量400～1 200mm的地区都有枣树栽培。但以降水充沛的地区结果早、产量高。特别是从发芽到果实成熟期间，花期和幼果期需水尤多，雨少时应该灌水。

（5）光照　枣树喜光性很强。因此，枣树不能栽得太密，树冠内部也要通风透光。年日照在2 500h以上的地区才能生产好枣。

2. 树龄选择　选择低光合作用、低蒸腾、耐光性较强的骏枣和灰枣，采用适当的株行距定植。定植后1～8年内均可间作棉花等作物。

（二）种植规格和技术要点

为保证枣树均匀受光和最大采光量，以南北向栽植为宜，且平地栽植，起垄做埂，保护带宽1.6～1.8m，沟底与间作地保持同一平面。以枣为主的行距可小些，以农为主的行距可大些，枣农兼顾的行距居中。种植枣树的行距在6m以内的枣农间作，常用的短期间作模式株行距有：6m×2m、4m×1.5m和4m×1.0m，一般可间作5～8年。长期间作模式种植枣树的行距在8～12m或更大的枣农间作，常用的株行距有：8m×2m和10m×1.5m，一般可间作15年以上。

短期间作采用开心形或小冠疏层树形结构，定干高度0.6～0.8m。枣树进入盛果期之前，行距为4.0m的间作地，树高应控制在2.5m之内，枣树进入盛果期后，不种植作物，可适当扩大树冠和增加高度，以加大枣树的结果面积和提高产量。长期间作采用主干疏层性，定干高度1.0～1.2m，树高应控制在5.0m之内。幼龄枣树，第1～3年需留1.6～1.8m的保护带，以保证枣树正常生长所需的通风透光空间，4年以上枣树应以树冠幅度

留足保护带。

1. 枣树品种 选择低光合作用、低蒸腾、耐光性较强的骏枣和灰枣。

2. 整地 枣树沟植，沟底与农作物保持同一平面。设置1.6～1.8m宽的土埂保护带，内径1.2～1.4m，土埂下宽30cm、上宽20cm、高度30cm。要求保护带土埂压紧、夯实。

3. 整形修剪 枣农间作地推广的枣株行距多为0.5m×4.0m，前两年以培养小冠疏层树形结构为主。嫁接当年枣树枝头达到50cm时进行枣头摘心，二次枝在生长至枝条下垂处摘心。第三年在新生枣头枝形成2～3个二次枝时进行枣头摘心，控其营养生长、促其生殖生长。在株间1.5m处设定一株为永久株，其余临时株往行间两侧拉枝，对于永久株从其基部30～40cm处剪除所有二次枝，促其剪口处的主芽萌发，新生枣头枝生长到1.0m时，进行枣头摘心，同时离地面30cm以下的二次枝全部剪除。

4. 灌水 在棉花不需要灌水的4月25日前后（枣树的萌芽期，棉花的出苗前期）、5月25日前后（枣树的初花期、棉花的现蕾期），对枣树在保护带内进行沟灌补水，防止水漫过保护带进入棉花地。其他灌水时间与棉花灌水同步。

5. 施肥

（1）秋施基肥 枣树落叶前，采用开沟施肥，腐熟有机肥、磷酸二铵、尿素施入比例为60∶1∶0.5。

（2）枣棉间作地追肥 在枣树萌芽期（棉花出苗至三叶期）、盛花期至幼果期（棉花三叶至五叶期）和果实膨大期（棉花的现蕾期至开花结铃期）追肥。其中，展叶期施N肥占50%、P肥占34%，不施K肥，盛花末期N肥占50%、P肥占66%、K肥占100%。

一年生枣树施肥量：纯N肥55g/株、纯P54g/株、纯K30g/株。

二年生枣树施肥量：纯N肥110g/株、纯P108g/株、纯K60g/株。

三年生枣树施肥量：纯N肥330g/株、纯P243g/株、纯K180g/株。

八年生枣树施肥量：纯N肥1 100g/株、纯P1 080g/株、纯K600g/株。

（3）花期施叶面肥 依据枣树开花初期，当枣生长至15～20cm时，8：00时之前或者20：00时之后喷施，每隔4～6d喷一次，连续喷4～5次。枣树花期叶面同步喷施0.2%硼砂水溶液+0.2%尿素+0.2% KH_2PO_4 等植物养分和内源激素。

枣棉间作系统中的棉花栽培技术与大田棉花栽培技术大同小异。

（三）效益分析

经抽样调查和效益测算，一般生产枣园亩均产量增加25.0%，果农增收32.5%。

1. 经济效益 由于生态退化、土壤沙化、风沙肆虐，自然灾害频繁，塔里木盆地四周，每年春季特别是三四月份是自然灾害的高发期，给林果业生产带来了毁灭性的灾难。环塔里木盆地在20世纪50年代年均出现大风、沙尘暴灾害性天气2次；90年代增加到25次，造成直接经济损失达5.1亿元。通过推广枣棉间作的优化模式后，增加了地表覆盖度，有助于减少环塔里木盆地的灾害性天气，减少林果产业灾害损失。

此外，通过对以果为主、兼顾粮棉、果粮棉草相结合的果树与农作物间作优化配套技术的推广应用，促进了环塔里木盆地与农作物间作条件下的特色林果产业发展。改变了对绿洲资源的低级开发和对水、土、光、热资源的浪费和生态的破坏，改变了环塔里木盆地

绿洲生态环境质量，提高了绿洲生态系统的经济产出和生态服务功能，为生活在生态环境脆弱区的农民提供了新的发展机会，促进了南疆少数民族地区的社会稳定，缩小了南北疆经济的差距，推动了社会主义和谐社会的建设。

2. 社会效益 由于以枣棉间作为主模式的果农间作复合生态系统建设成果的应用与推广，加速了区域绿洲及农田生态环境的建设，改善了农业生态环境条件和人类生存环境，提高了各族人民的生活水平，加速了区域经济发展和社会的全面进步，对保证新疆的社会稳定和国家的长治久安起到了重要作用。

再则，环塔里木盆地分别与哈萨克斯斯坦、吉尔吉斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗、巴基斯坦、印度等国接壤，边界线长达2 200km左右，它既是中国西北的屏障，又是向西开放的门户，也是中国中亚战略基地，战略位置十分重要。环塔里木盆地民族成分复杂，为多民族、多宗教、多文化的聚集之地，其中，少数民族占流域总人口的85%以上。通过以枣棉间作为主的果农间作项目的实施与推广，加速了南疆盆地特色林果产业的基地建设，加速了特色林果产业发展。

3. 生态效益 生态环境建设是西部大开发战略的终点，而新疆要与全国同步进入小康社会，经济发展同样重要。实践证明，不讲经济效益的生态建设是难以持久的，忽视生态效益的经济发展也不可能健康持续发展。塔里木盆地是中国第一大内陆盆地，但盆地中部为沙漠带，即塔克拉玛干沙漠，面积33.4万km^2，占全国沙漠面积的47%，为世界上第二大沙漠，而且主要是流动沙丘，占85%。沙漠化问题是塔里木盆地面临的最严峻的生态环境问题之一，是长期制约塔里木盆地生态环境保护和经济社会发展的重要因素。不但直接对南疆绿洲经济的稳定和发展造成严重影响，也是影响全国生态环境的3个沙尘暴源头之一。在环塔里木盆地发展特色林果业不仅具有显著的经济效益，而且可与生态林一样发挥重要的生态效益和社会效益。近年来，环塔里木盆地果农间作条件下林果种植面积的迅速扩张，不仅加速推进了农田林网化和平原绿洲化进程，大大提高了绿洲森林覆盖率，而且使得绿洲内部的生态状况不断改善，抵御自然灾害的能力显著提高，成为新疆环塔里木盆地经济建设与生态融合发展的最佳模式之一。如风沙为害最为严重的和田地区近年来降水量有所增加，沙尘天气明显减少。这种变化除大气候因素外，与绿洲内部林果面积的增加和绿洲外围大型防护林带建设不无关系。果农间作复合系统的推广与实施，从不同尺度上对塔里木盆地绿洲生态系统结构、过程和功能的状态和发展产生了影响，提高了环塔里木盆地绿洲生态系统的服务功能。

三、板栗间作花生

（一）立地条件

1. 温度 板栗对温度的适应范围很广。北起吉林的集安（年均温－3～7℃），南到海南岛（年均温19～25℃），均有板栗分布。有研究指出，板栗能忍受－30℃的低温，延安、沈阳、左权等地的引种试验证实了这一点。山西省左权县最低温度－33℃，生长在背风向阳地方的板栗能安全越冬，生长、结果良好。

据河北省板栗产区遵化、迁西、邢台等8处10～20年观测，年均温由兴隆县的

7.5℃到邢台县的12.9℃；4～10月生长季平均气温变幅为16.2～21.0℃，积温幅度为1 327.6～2 383.0℃。

板栗开花期要求17～25℃的较高气温，低于15℃或高于27℃，均将影响授粉受精和坐果。8～9月间果实增大期需要20℃以上的平均气温，促使坚果速长。如此期气温低，则坚果小，成熟晚。

北方栗较耐寒，南方栗较耐热。根据黄河流域和长江流域板栗产区的气温概况，一般认为年平均温度为10～17℃、生长期（4～10月）平均气温在16～21℃、冬季气温不低于－25℃的地方适于栗树栽培。

2. 水分　华北栗产区常年降水量一般在500～600mm，南方栗产区则多在1 000～1 500mm甚至2 000mm。北方板栗品种较耐旱，而南方品种多能抗湿。

板栗在坚果发育中期的8月中下旬，要有充足的雨量，坚果才能充分长大。花期多雨则会影响授粉、受精和坐果，造成减产。板栗适宜的土壤含水量以30%～40%为宜；超过60%，易发生烂根现象；低于12%，树体衰弱；至9%时，树即枯死。因此，栽培上应注意灌溉与排水。

3. 光照　板栗为喜光树种。如在平地发展栗树，必须考虑定植密度、行向、树型等因素，以适于单株和群体能充分受到光照为宜。如在坡度较大的山地建园，以选择向南、东南和西南的坡地为宜。北坡、西北坡及阴湿坡地的光照不足，不利于栗树的生长和结果。

板栗开花期间的5～6月内需要充足的光照。据在河北省遵化、兴隆和邢台等地观测，4～10月生长期各月日照时数以5～6月最多，分别平均为292.2h和270.5h；7～8月雨季光照时数量少，分别平均为233.8h和272.7h。几个板栗产区的平均日照时数为250.0h，都能满足栗树生长发育的需要。在栽培中，为了改善光照，除选择适宜的园地外，还应注意适当稀疏树冠内的枝条。

4. 土壤　由花岗岩、片麻岩等母质生成的土壤，只要理化性状良好，富含有机质，保肥保水，pH值4.5～7.6的沙土以至黏壤土均适于栽培栗树，但以pH值5.6～6.5的土壤最好。pH值7.6为适应的极限，超过此限，栗树生长不良，甚至死亡。山东沿海的盐碱地，含盐量超过0.3%，栗树栽种后逐渐死亡。在微碱性土壤中，栗树根系生长受到抑制。微酸性至偏酸性土壤适于同栗根共生的菌根繁殖生长，并有利于Mn的吸收，而微碱性土壤则相反。据日本的研究，板栗为多Mn植物，其叶片含Mn量高于其他果树。

5. 地形　板栗在平原沙地、低产梯田和荒山坡地均能生长良好。河北省板栗产区多集中在燕山和太行山区的丘陵、岭地、沟谷、坡地，坡地多在50°～150°。如土层肥厚、坡向适宜，200°～300°的陡坡也可发展栗树。

寒地发展栗树，必须慎选地形、地势和坡向。山西省太行山麓的左权县上庄村在背风向阳地方育苗，就地栽植，虽该县年平均气温仅7.4℃，最低气温－33.9℃，条件严峻，亦未遭受冻害。定植后3～4年即开始结果，有的13年生树株产量高达10kg左右。

据山东省烟台林业科学技术站报道，胶东沿海地带的坡向对栗树枝、芽的抽干影响极为明显。枝、芽抽干不能开花结果，影响坚果产量。实例证明：选择适宜的地形、地势和坡向建园，是发展板栗成功的基础条件。

6. 风和其他 花期微风有助栗树传粉。但栗树抗风力较弱，且不耐烟害。在化工厂附近，若环境污染，空气中有氯和氟积累时，栗树最易受害。

（二）种植规格和技术要点

1. 板栗

（1）园地选择 栗园应建立在远离污染源的地方。海拔≤800m；坡度≤25°；坡向南坡、东南坡；年平均气温15～18℃；土壤质地红壤、黄红壤或富含有机质的沙质土壤或砾质壤土；土壤pH值5.0～6.5。

（2）苗木质量 苗木的质量要求应符合DB33/177规定。

（3）苗木消毒 按要求在种植前对板栗苗木进行消毒，防止危险性病虫害的传入。

（4）定植

① 定植时间 冬季苗木落叶后至翌年早春，一般在12月中旬至翌年3月下旬。

② 定植密度 株距×行距为（4～5.5）m×（4～5.5）m，或3m×6m（以后疏伐成6m×6m），每公顷栽植330～625株（22～24株/亩）。

③ 定植方式 坡度10～25°的山地，应筑水平带；带宽3～4m，秋季挖定植穴，大小为长×宽×深：0.8m×0.8m×0.5m；坡度小于10°的坡度及平地，采用挖大穴的方法进行，定植穴的大小为长×宽×深：0.8m×0.8m×0.6m。

④ 施基肥 每穴用腐熟厩肥25～30kg与表土搅拌回填，然后，每穴施钙镁磷肥0.5kg，与土壤搅拌施入。

⑤ 配置授粉品种 多品种混栽能提高产量。根据主栽品种来确定花期相近的授粉品种，主栽品种与授粉品种的比例为4～6：1。

⑥ 栽植 定植时要扶正苗木，使根系舒展，填土压实，使土与根系密接。栽植深度高于圃地深度2～5cm为宜。

⑦ 定干 定植苗木高度保留70cm，其余部分剪去。剪口在最上端芽以上1cm处，做到平滑倾斜。

⑧ 栽后管理 保持土壤湿润，有条件的地方，在根部用水浇透或用稻草覆盖。4月中下旬检查成活情况，发现死苗，立即补栽。

2. 花生 新定植栗园大多为3m×4m或4m×4m株行距，在前1～3年内，行间可留出2.0m或2.5m的花生播种带，供整地种植用。

（1）深耕施肥 花生是深根作物，根系发达，在一定范围内，随着耕层的加深，伸展范围扩大，增强吸肥能力，尤其是更新定植的板栗园和刚改接后的板栗园，由于多年来地块得不到深耕，土壤板结。通过深耕可改善土壤结构，增强蓄水和保肥能力。犁地前可亩施有机肥1.5t，饼肥750kg，尿素20kg，过磷酸钙或钙镁磷肥50kg；前茬果树有小叶病和缺铁黄化病的地块，应用$ZnSO_4$1kg和$FeSO_4$1kg，掺入尿素或P肥中，撒入地表后犁地。

（2）选用良种 根据本地的土壤条件以及在果园中间作的具体情况，应选用中早熟直立型大果花生新品种，如鲁花9号、鲁花14、海花10号，对以前用的老海花1号，需经优选后再用。这些大果型品种高产、稳产性好，品质优良，宜于种植。

（3）适期早播　花生播种过早，由于气温低，出苗期长，易产生烂种或受地下害虫为害，造成缺苗。播期推迟又会缩短出苗至开花期这段营养生长期，尤其是果园间作，不同程度地受到果树遮光，光照不足，使植株养分积累减少，所以，应掌握在一定范围内适期早播。一般年份在每年的五一节前后播种为宜。播时以穴距 18 ~ 20cm，行距 25 ~ 30cm，播深 3 ~5cm，每穴 3 ~4 粒为度，进行点播。

（4）地膜覆盖栽培　花生地膜覆盖栽培是夺取高产稳产、高效益的重要技术。一般产量 250 ~400kg/亩，高产田块超过 500kg/亩，比露地栽培增产荚果 70 ~100kg/亩，增产率可达 30% 以上。尤其是果园间作花生，可改善果树遮光造成的光照不足、积温上不去的弱点，更是一种高效益的措施；同时，还可起到为果树蓄水、保墒作用。

（5）叶面喷肥　在花生生长的中后期喷施叶面肥，是取得花生高产、优质的一项有效措施。目前，适应于当地的叶面肥和施用方法如下。

① KH_2PO_4　为高效 P、K 复合肥，在花生开花结荚期喷施，可满足花生果针发育的需要，促进光合作用产物转送和果针膨大，提高粒重和脂肪含量，具有显著的增产效果。一般用肥液 900 ~1 050kg/hm^2，浓度为 0. 12%，可连喷 2 次。

② Mo 肥　具有促进豆科作物根瘤固 N 作用和增强叶片光合作用的功能。在花生开花期喷施 Mo 肥可协调营养生长和生殖生长，促使荚果饱满。在花针期用钼酸铵 225g/hm^2 加水 750kg 左右，均匀喷雾。

③ Fe 肥　华北地区土壤常偏碱性，每逢 7 ~8 月份集中降水的季节，花生最易发生缺 Fe 黄化。花生缺 Fe 时，表现为上部嫩叶失绿，严重时，叶脉失绿进而黄化，上部叶片全部变白，出现褐斑坏死、干枯脱落，对花生造成大幅减产。为此，可用 $FeSO_4$（黑矾）0. 1% ~0. 3% 溶液叶面喷施。还可选用有机螯合铁，效果更优，可达到防止黄化、增产、增效的目的。

（6）病虫草害防治　花生苗期主要病虫害是蝼蛄、蛴螬等地下害虫和茎腐病、病毒病等。播前可用 50% 多菌灵按种子量的 0. 2% 加水适量，混合拌种，一般保苗率可达 95% 以上。荚果期主要病害为叶斑病。发病时，叶片枯黄、易落叶，导致瘪果多。可用 1 125kg/$hm^2$50% 多菌灵 800 ~1 000 倍液或甲基托布津 70% 可湿性粉剂 1 200 ~ 1 500倍液防治。对该病的防治，可同时对间作果树的叶斑病、黑星病、轮纹病、炭疽病起作用，可一起作业。

草害主要采取中耕除草的方法，可减少养分的竞争，松土保墒，促使果针下扎，确保花生有一个良好的生长环境，从而提高产量。一般进行 2 ~3 次 .

（三）效益分析

据北京市怀柔县农业局生产科彭兴东（冷凉山区密植板栗间作花生、胡萝卜三茬高产高效栽培模式效益分析 . 北京农业，2000）计算，胡萝卜平均每亩产量 1t，每千克售价 0. 8 元，亩产值为 800 元，扣除种子、化肥等投入 150 元，每亩纯收入 650 元；花生平均每亩产 300kg，平均售价 4 元/kg，每亩产值约 1 200元，扣除种子、地膜、化肥等 130 元，每亩纯收益 1 070 元；初果期板栗每棵树结果按 1kg 计，每亩种植 220 棵板栗，平均售价按 10 元/kg 计，亩产值是 2 200 元，扣除农药、肥料等开支等 50 元，每亩收益 2 150元，

3 项共可纯收入 3 870 元。

四、核桃间作花生

间作体系中的花生，依常规栽培。这里只介绍核桃的种植技术。

（一）立地条件和树龄选择

1. 温度 核桃属于喜温树种，适宜的年均气温是 9 ~ 16℃，极端最低温不低于 -20℃，极端最高温在 38℃以上。花期和幼果期气温下降到 -2℃时会受冻减产，生长期温度超过 38℃时，果实易受日灼伤害核仁不能发育。

2. 光照 核桃是喜光的阳生树种，进入结果期更需要充足的光照条件。一般要求全年日照时数在2 000h，低于 1 100h，核壳、核仁均发育不良。生长期的日照强度对树体生长，花芽分化和开花结果都有重要影响。核桃园边缘植株生长好，结果多；同一植株外围枝条比内膛枝结果多，就是因为光照好的原因。所以，核桃栽培在园地选择、栽植密度、栽植方式及整形修整等方面，都必须考虑采光的问题。

3. 土壤 核桃具有庞大的根系和树体，首先要求有深厚的土层。核桃喜疏松、透气、排水良好的土壤，在地下水位过高和黏重的土壤上生长不良。核桃喜 Ca，在含 Ca 的微酸性至微碱性（pH 值 6.5 ~7.5）土壤上生长最好。核桃喜肥，除要求土壤肥力较高外，每年还应注意增施有机肥。

4. 水分 过去很多人都认为，核桃是最耐旱树种，实际上核桃是较耐干燥空气，而对土壤的水分状况却比较敏感，一般要求年降水量 800 ~ 1 000mm，过干过湿都不利于核桃的生长和结实。

（二）种植规格和技术要点

核桃树栽培管理技术内容主要包括：园地选择、栽植方式和密度、授粉树配置、栽植技术、栽后管理、结果前及结果初期管理、土壤肥水管理、整形修剪和病虫害防治等。各主要技术内容如下。

1. 建园与栽植

（1）园地选择 核桃树对环境条件要求不严，在年平均气温 9 ~ 16℃，年降水量 500 ~800mm，海拔 600 ~ 1 200m 的地区均可种植。核桃对土壤的适应性比较广泛，但因其为深根性果树，且抗性较弱，应选择深厚肥沃，保水力强的壤土较为适宜。核桃为喜光果树，要求光照充足，在山地建园时应选择南向坡为佳。

（2）栽植方式和密度 核桃的栽培方式应根据立地条件，管理水平来确定。在土壤、肥水条件一般的丘陵山地可采用株行距 3m ×4m。土深厚、土质良好、肥力较高的地区株行距 3m ×5m，也可采用 5m ×6m 或 6m ×7m 的株行距。

（3）授粉树配置 核桃属于雌雄同株异花授粉，且雌雄花常常不遇，而且核桃花属于风媒花，花粉粒大、重，有效授粉距离短，建园时最好选用 2 ~3 个能够互相提供授粉机会的品种。如某一品种选为主栽品种，可每 2 ~3 行配置一行授粉品种，原则上主栽品种同授粉品种的最大距离应小于 50m，授粉品种比例为 2 ~3 ：1。

2. 栽植技术

（1）栽植时期　核桃栽植时期有春栽和秋栽两种。秋栽尤其适宜于北方春旱多风地区。秋栽树萌芽早，生长壮，但应注意冬季防寒（埋土是最好的方法）。而对冬季气温较低，保墒良好，冻土层很深，冬季多风的地区，宜于春栽。春栽在早春土壤解冻之后即可栽植。

（2）栽植方法　栽植前，应先挖好1m见方的定植穴，并将表土放在坑的一边，深层土放在坑的另一边。同时把苗木的伤根、烂根剪除。并放入水中浸泡半天或根系蘸泥浆，使根系充分吸水，以利成活。

栽植时，将表土与土粪或圈粪混合填入坑底，然后将苗木放入。栽植苗木最好由2人操作，一人扶持苗木，另一人填土。扶持苗木的人一要掌握栽植深度，二要用手舒展根系。苗根全部用细土埋严后要轻轻向上提动苗木，使土与根系密接，再覆土埋严、踩实。这样，把每一条根都舒展开，吸收范围大，苗木易成活。

苗木在穴中的深度，应与其原在苗圃中的深度相同，过浅，易遭干旱、冻害和病害，过深，缓苗慢、苗木生长不健壮。但各地的土质不同，栽植深度可有一定的差别，一般沙地栽植可稍深些，黏土地栽植可略浅。

栽后要修好树盘，充分灌水。注意灌水一定要足，否则，影响成活。待水渗下后，在树盘下覆少许土，春栽要覆盖地膜。

对土质黏或下层为石砾的田地，挖定植穴时应适当加大，并须采用换土、增肥等方法改良土壤，为根系及苗木以后生长创造条件，否则，即使栽植成活，也结果不良。

（3）栽后管理

① 检查成活及补栽　及时检查成活情况，苗木死亡的，要及时补栽。

② 苗木防寒　秋栽苗木，应于土壤结冻前弯倒埋土或整树套塑料袋，塑料膜做成直径为20～25cm的圆筒状，长度大于树高7～8cm，并填满湿土。翌年萌芽前撤去膜、扒开土、苗木放出即可。春栽苗木，为防春季大风，可在主干上套一报纸，报纸做成一端封口的圆筒状，直径2cm左右，或购买市售的防寒塑料袋。

③ 定干　苗木萌芽后，即可定干，定干高度参见整形修剪部分。剪口距芽的距离应保持2cm左右，定干后要注意剪口涂漆。

3. 幼树及结果初期树的管理　核桃结果初期，树体处于营养生长大于生殖生长阶段，此阶段生长发育的好坏，直接影响着树形的形成和产量的提高。为了保证树体正常发育，防止发生“小老树”或枯死现象，并为以后的丰产稳产奠定良好基础。因此，建园以后，应加强对核桃幼树的综合管理。

（1）土壤管理　土壤是核桃树生长的重要环境条件之一。土壤状况和管理水平，制约着核桃树的生长和结果。为了促进幼树生长，每年要进行多次中耕除草和松土，减少土壤水分蒸发，改良土壤通气状况，促进土壤难溶态养分的分解，提高土壤肥力。一般每年生长季内要做到“有草必除，雨后必锄，灌水后必锄”。如果人力不够，每年有两次除草必须进行，一是开花以后，二是入伏以前，这两次除草不仅应及时，而且应深锄。从而可有效控制草荒，达到疏松土壤、蓄水保墒目的。

（2）园内施肥　肥料的种类不同，施用的时期也不一样。

① 有机肥料　即厩肥、堆沤肥、人粪尿、饼肥、绿肥等。有机肥料所含的营养元素比较全，不但含有 N、P、K 主要元素，还含有多种微量元素，肥效较高，而且长效，有改良土壤结构，调节土温作用。每年施肥均应以有机肥料为主。核桃园多为山地、丘陵地，土层瘠薄，有机质含量更低，为保证核桃高产稳产，每年均应增施大量的有机肥料。

② 无机肥料　通称“化肥”。一般都具有某一种养分含量高、速效性强、施用方便等特点。但是这种肥料不含有机质，仅含有一种或几种主要营养元素，长期单独使用，一方面会使土壤板结，另一方面会使植物营养不平衡。所以，一般应与有机肥料配合使用。无机肥料肥效迅速，但持效期短。

③ 施肥时期　核桃在整个生长时期，不断地吸收土壤中的各种养分。其对养分的吸收，在一年中，在不同年龄阶段并不均衡，它有吸收量最多的关键时期。一般在 8 月中旬至 10 月，土壤水分状况也较好，根系正处于秋季生长活动的高峰时期，树体积累和贮藏较多的养分，有利于生长和结果。秋施有机肥可提高土壤孔隙度，利于果园积雪保墒，防止冬春土壤干旱，并可提高地温，减少根际冻害。

追肥主要追施化肥，尤其是 N 肥。追肥是在核桃需肥的关键时期或者为了调节生长和结果关系时应用，是基肥不足的一种补充。追肥主要是在树体生长期进行，以保证核桃当年丰产和健壮生长。根据核桃幼树生长及结果特点，追肥可在以下 3 个时期进行。

A. 开花前：此期正值根系第一次生长期和萌芽开花所需养分竞争期。此期追肥有利于促进生长，减少落花，提高坐果率。这次追施主要以速效性 N 肥为主，可追施 $(NH_4)_2SO_4$、NH_4NO_3、尿素等。时间是 3 月下旬。施肥量为全年肥量的 30%。

B. 开花后：主要作用是减少落果，促进幼果的迅速膨大及新梢生长和为花芽分化做准备。追肥种类以速效性 N 肥为主，同时，应增施适量 P 肥、K 肥。追肥量占全年追肥量的 20%。

C. 硬核期：一般进入硬核期后，果实生长逐渐转缓，种仁开始充实，此时追肥可满足种仁发育所需要的大量养分。同时，此时也是花芽分化的关键时期，充足的碳水化合物积累，也有利于花芽分化，为翌年的丰产稳产打下基础。以 N、P、K 复合肥料为主。追肥量占全年追肥量的 20%。

④ 施肥量　核桃树的需肥情况，因树龄、树势、结果量及环境条件等变化而变化。在中等肥力的土壤上，每年株施尿素约 100g，过磷酸钙 30g，KNO_3 10g；结果初期，每年每株施尿素约 300g，过磷酸钙 250g，KNO_3 80g。基肥用量每株折合 50 ~ 100kg，且保证每年均施。

⑤ 施肥方法

A. 根部施肥　可以采用环状施肥、行间沟施、穴状施肥、辐射状沟施肥。

B. 叶面喷肥　可以喷施 0.3% ~0.5% 尿素、0.3% ~0.5% KCl、1.0% ~3.0% 过磷酸钙浸出液等。

（3）果园灌水　在核桃树生长期间年降水量达到 600 ~ 700mm，而且分布均匀的，基本上可以满足生长发育的需要。如果降水不足，或者降水分布不均，那就需要通过灌溉加以补充，无论幼树或大树，都要加强土壤水分的调节。

灌水的时间、数量和方法，可据当地气候条件、土壤水分状况、降水状况及核桃生长

发育情况而定，一般年灌水3～4次即可。

① 早春灌　核桃萌动前后，要完成芽的萌动、展叶、开花及新梢抽长等复杂过程。而这个时期，北方地区正是春旱季节，抓好萌动以前的早春灌，对于促进前期生长极为有利，同时，还可防止春寒、晚霜的为害。

② 盛夏灌　北方地区在立夏后易出现高温干旱天气，这时叶片易萎蔫，妨碍正常的蒸腾作用和光合作用功能。尤其对定植后的1～2年生树，根系比较浅，抗旱性差，此期更需灌水。

③ 冬前灌　在土壤结冻前充分灌水，结合秋翻地施入基肥，可促进根系吸收，增加贮藏养分的积累，提高树体积累水平。

4. 整形修剪

（1）修剪时期　树体冬季休眠期间，核桃有伤流现象，故不宜进行修剪；其修剪时期以秋季或春季发芽后最适宜，有利于伤口在当年内愈合。幼树无果，可提前从8月下旬开始，成年树在采果后的10月前后，叶片尚未变黄之前进行修剪。

（2）幼树整形　核桃树干性强，芽的顶端优势特别明显，顶芽发育比侧芽充实肥大，树冠层性明显，根据此特性，采用主干疏层形为宜。其整形方法为：干高80～150cm（若当年幼苗不够高，可待苗木生长一年后再整形）。定植当年不做任何修剪，只将主干扶直，并保护好顶芽（若顶芽损坏，可选一壮芽代替），待春季发芽后，顶芽向上直立生长，将其作为中心干，顶芽下部的5～6个芽将萌发侧枝，5～6月选分布均匀生长旺的3～4个侧枝为第一层主枝，其余新梢全部抹去。第二年按同样的方法培育第二层主枝，第二层保留2～3个主枝（与第一层相距80～100cm），第三年选第三层主枝，保留1～2个主枝，与第二层相距60～80cm。1～4年主枝不用修剪，可自然分生侧枝，扩大树冠。一般3～4年成形，成形时树高3～5m左右。

（3）结果树修剪　核桃进入结果期，树冠仍在继续扩大，结果部位不断增加，容易出现生长与结果的矛盾，保证核桃达到高产稳产是这一时期修剪的主要任务。因此，在修剪上应经常注意培养良好的枝组，利用好辅养枝和徒长枝，及时处理背后枝与下垂枝。

从结果初期开始，应有计划地培养强健的结果枝组，不断增加结果部位。防止树冠内膛空虚和结果部位外移。进入盛果期后，应加强枝组的培养和复壮。培养枝组可采用“先放后缩”和“去背上枝，留斜生枝”的修剪方法。徒长枝在结果初期一般不留，以免扰乱树形，在盛果期可培养为枝组，乱向枝要及时控制，以免影响骨干枝和结果母枝。下垂枝多不充实，结果能力差，徒耗养分，应根据具体情况处理。

5. 防治病虫害　核桃的病虫害相对较少，常见的有腐烂病、溃疡病、天牛、尺蠖、介壳虫等几种病虫害。防治方法是：冬季及时剪除病虫枝、干枯枝集中烧毁，并做好清园工作，减少病虫源；早春至初夏幼虫孵化时喷1 500倍液的杀灭菊酯，可防治天牛、尺蠖、介壳虫等害虫；秋末用刀刮除感病树皮，并涂抹100倍百菌清液可防治干腐病、溃疡病等病害。

（1）核桃溃疡病　可采取清除病枝落叶，刮除树干基部粗皮，涂抹波尔多液50～100倍液石硫合剂或50%甲基托布津进行防治，7～8月喷3次50%多菌灵600倍液。

（2）核桃举肢蛾　主要为害果实。树下开垦耕种，清除残枝落叶，摘拾黑果为主要

技术措施。采果后至翌年5月中旬翻耕、扩盘、清园；6～8月摘拾黑果，集中销毁；6月上旬至7月中旬成虫羽化期，在重灾区选用50%的杀螟松1 000～1 500倍液或敌杀死2 500倍液树冠喷药。

（3）云斑天牛　主要以蛀干为害。可人工捕捉成虫，并及时用药塞虫孔，处死虫卵和幼虫，8月树上喷40%杀虫净500倍液，防治率可达90%以上。

（三）效益分析

据山东省章丘市林业局杨秀勇（2006）沙化土地幼龄核桃间作花生高效栽培技术，核桃树第一年间作花生，亩产花生150kg，按照市场价格，每千克6元计，亩增产值900元；第二年亩产花生80kg，亩增产值480元；第三年亩产核桃57.2kg，产值1 029.6元；第四年亩产核桃110kg，产值1 980元；第五年亩产核桃239.4kg，产值4 309.2元；第六年亩产核桃272.8kg，产值4 910.4元，6年累计产值13 609.4元。对照地块，小麦复播玉米，以每年粮食产量800kg计，6年累计总产值6 240元。核桃套种花生6年累计增加产值7 369.4元，年平均增加产值1 228.2元。

第二节　果树间作蔬菜作物

一、果菜间作的意义

果菜间作是充分利用果树的行间空地进行生产的一种有效立体复合种植模式，是发展庭院经济，增加农民收入的有效途径。

果菜间作一般每亩产值可达7 000多元，比单作果树增值29.2%，土地利用率提高78%～89%，同时，还大大增强了光、热、水等自然资源的有效性。此项技术在灌溉农业区和有补充灌溉条件的山区，利用节水灌溉技术发展庭院生产，更有脱贫致富的双重作用。

新建果园幼树期树间空地大，且无遮阳，光照充足，间作蔬菜以喜温的番茄为主，平均每亩产番茄4 580kg，产值1 740元，投入535元，净收益1 205元，投入产出比为1∶2.25。

初果期果树单株产量不高，平均亩产1 050kg，产值1 050元，扣除投入，纯收益820元。间作蔬菜产量3 856kg/亩，产值1 156.8元/亩，扣除投入225元/亩，纯收入901.8元/亩。果菜合计纯收益达到1 721.8元/亩，投入产出比为1∶3.78。

盛果期产出以果为主，蔬菜为辅，果树平均亩产8 400kg，产值5 760元；间作甘蓝平均产量4 200kg/亩，产值1 680元/亩，两项之和产值高达7 440元/亩，除去投入1 040元/亩，纯收益6 400元/亩，投入产出比为1∶6.5。

二、果菜间作的分布范围

果菜间作范围几乎遍布全国。在幼龄苹果园间作套种，既能合理地利用土地，提高土

地利用率，改善农业生态环境，又能增加经济收入，达到以短期的蔬菜收入养长期的果树管理的目的。果园间作的主要矛盾是肥水和光照的问题。因此，调节好果树与间作作物之间在光照和肥水方面的矛盾，是实现互利和双丰收的关键。解决的办法是选择好适宜的间作作物，而且要种得得当，使不利影响降低到最小程度。在正常水肥管理的基础上，豆科作物要适当多施 P 肥，西瓜、辣椒要多施 K 肥，对果树和间作作物较为有利。较为理想的间作模式为：在留出 1m 树盘带的基础上行间间作：第一年西瓜 – 萝卜或白菜；第二年春菜 – 辣椒 – 秋菜；第三年豆类或胡萝卜。

三、果菜间作的主要类型

（一）苹果树间作洋葱

1. 间作蔬菜种类　除洋葱外，还可间作白菜、大萝卜等。黑龙江省牡丹江市农业技术推广站在四年生的苹果园间作洋葱、萝卜、白菜、大豆等作物获得成功。

2. 苹果树龄选择　幼龄果树前三年均可间作洋葱。

3. 种植规格和技术要点　根据牡丹江市气候特点，苹果间作洋葱应选择空知黄为宜，该品种是从日本引进的长日照型品种，葱头皮铜黄色，肉微黄色，近圆形，品质佳。平均单球重 200 ~ 300g，最大 400g。

通过育苗移栽形式进行洋葱栽培。育苗选择节能日光温室进行，一般苗床长 4.5m、宽 1.0m、高 0.15m，平均每平方米施有机肥 3.0kg、磷酸二铵 0.05kg、$K_2SO_4$0.03kg。3 月上旬播种，一般一亩洋葱需种子 0.2kg。播种前用种子重量的 0.3% ~0.5% 的 50% 多菌灵原粉进行干拌种，然后进行条播或撒播，播后浇透水，覆地膜。播种后 7 ~ 10d 可出苗，出苗 70% 时白天揭去地膜，夜间低于 5℃ 再盖上地膜。出苗后再浇一次透水，然后保持见干见湿状态，温度控制在 25℃ 以下，保持通风，防疯长。

栽植洋葱的果园应在果树行间于 5 月中旬做畦整地。结合整地深施肥，做畦长度 30.0m，宽度 1.0 ~ 1.2m、高 0.1m。每亩施有机肥 2t、磷酸二铵 20kg、$K_2SO_4$10kg。

当苗龄 50 ~ 60d，洋葱 3 片叶以上时进行起苗移栽。起苗时应按大小苗分级。为防止地蛆及病害发生，起苗后用 50% 辛硫磷 800 倍液浸根 10min，再用 50% 多菌灵 50 ~ 100 倍液浸根 2 ~ 3min。移栽行距 15cm，株距 15 ~ 20cm，密度 2.2 万 ~ 3.0 万株/亩。栽后浇透水，提高成活率。

洋葱田间管理主要有浇水与排水、除草与施肥、病虫害防治等项目。在雨水较多地区，必须能灌能排。在西北比较干旱地区以机械地膜和滴灌带覆盖，膜上开穴移栽，膜下滴灌栽培技术较合适；除草以人工为主，结合中耕松土进行，播前整地时可结合整地进行土壤封闭处理，经过氟乐灵或者二甲戊乐灵进行土壤封闭处理的地块，一般没什么杂草。洋葱生长前期施肥以尿素为主，每亩追施尿素 20kg，当鳞茎膨大至 3cm 大小时，再追施一次 KH_2PO_4 15 ~ 20kg /亩（西北干旱地区可减量施用）。

洋葱主要虫害是地蛆和蓟马。地蛆可用 80% 的敌百虫 500 倍液灌根防治，蓟马可用 50% 的辛硫磷 1 000 倍液或 21% 的灭杀毙 1 500 倍液叶面喷雾防治。洋葱主要病害有软腐病、灰霉病和茎腐病。软腐病的防治方法有 3 种：田间操作小心，避免出现伤口；注意排

水，避免田间积水；用70%的可杀得500倍液或者72%的农用链霉素4 000倍液或者30%得绿得保400倍液等药剂喷雾防治。灰霉病和茎腐病防治，在发病初期叶面喷施45%的特克多3 000倍液或者50%的速克灵5 000倍液或者40%的多留600倍液，每隔6～7d喷一次，连续喷施3次。

在东北牡丹江等地8月上旬以后洋葱逐渐倒伏，当叶片倒伏80%以上时，人工将直立的植株压倒，倒伏后叶片有70%干枯时，起拔葱头，晾晒。葱叶全部干枯时剪去枯叶，剪留长度2～3cm，利于葱头自然风干，然后装入网袋晾晒，防雨淋。待干燥后再倒出葱头，清理残皮，分级贮藏。

4. 效益分析 据黑龙江省牡丹江市农业技术推广站资料，在四年生的苹果园间作洋葱、萝卜、白菜，间作洋葱经济效益最高，达到2 250元/亩，是白菜的1.9倍、萝卜的1.6倍、大豆的17.3倍。

（二）苹果树间作生姜

1. 树龄选择 在树龄1～4年间作生姜效益较好。

2. 种植规格和技术要点 生姜品种为莱芜大姜。4月5日催芽，5月10日种植于果园行间，留1.2m果树直径树盘，生姜株行距为20cm×40cm。

3. 效益分析 由于果园间作系统的生态效应和生理效应，从而为生姜和苹果的生产奠定了良好的基础。间作系统可使生姜单位面积产量提高3.13%，苹果单位面积产量提高2.0%，土地利用率提高64%。间作系统所产生的产量和土地利用效应，对耕地资源比较紧张的山地丘陵地区具有重要的现实意义。

（三）梨树间作瓜、菜

1. 树龄选择 梨和西瓜间作在全国各地均有种植，而且发展迅猛。幼龄梨园树势小，尚未挂果，行间空地大，种植高秆作物影响梨树生长，间作西瓜则是一种合理有效的间作模式。

2. 种植规格和技术要点 梨树种植当年间作西瓜，由于梨树根系伸展范围不大，树冠较小，在采用5m×1.5m或者4m×1.5m等栽培方式时，在保证梨树有1.0m宽营养带的基础上，平整行内土地，在距幼树0.5m处挖宽50～60cm、深20～30cm的沟，每亩沟施腐熟有机肥3.0～4.0t，饼肥50kg，复合肥20～30kg，并做成宽50～60cm、高20～30cm的畦，将西瓜种在畦上。伸蔓后相对爬行，在梨树行距小于或等于3m时，尽在东部栽一行，瓜蔓向西爬行。

翌年间作西瓜，在采用5m×1.5m或者4m×1.5m等栽培方式时，在保证梨树有1.0m宽营养带的基础上，平整行内土地，在距幼树0.5m处挖宽70～80cm、深20～30cm的沟，每亩沟施禽粪或羊粪2.5～3.0t，饼肥100kg，复合肥20～30kg，其中，2/3进行集中沟施，剩余均匀撒在畦面，并做成宽70～80cm、高20～30cm的畦，将西瓜种在畦上，每垄种两行，成并列三角形，伸蔓后向相反方向爬行，在梨树行距小于或等于3m时，尽在西边栽一行，瓜蔓向东爬行。

幼龄梨园间作西瓜时尽量选择早熟西瓜，进行早熟栽培，缩短梨树与西瓜的共栖期。

早熟西瓜第一雌花着生节位为6~9节，开花至成熟的天数28~33d，并且容易坐果，结果能力强，较耐低温。如郑杂5号、特早佳龙等。

梨园间作西瓜，需要提早进行西瓜育苗。一般利用温床提早培育壮苗，苗龄以30~40d、3~4片叶真叶为宜。幼苗期间要扣盖聚乙烯薄膜，还需要进行炼苗。

（四）桑园间作蔬菜

1. 树龄选择　幼龄桑树植株较小，根系不很发达，光合作用生产率低。在幼龄桑园未形成丰产结构的前三年，可以在桑园进行间作套种蔬菜。

2. 间作蔬菜种类　榨菜、菠菜、芹菜、香菜、青菜、萝卜；甜瓜、菜瓜、西瓜等。

3. 种植规格和技术要点　9月下旬在桑园浅耕可种植菠菜、芹菜、香菜、青菜、萝卜、雪菜等蔬菜，当年12月至翌年3月收获。4月上旬移栽马铃薯，秋后收获。8月份在桑行中移栽一茬大白菜，收获。

新栽桑园可间作草莓。草莓选用红珍珠、硕丰等味香甜、硬度好、耐贮运的品种。草莓的密度是4 000~4 500株/亩。10月上旬定植。定植前亩施有机肥2t、复合肥30kg。定植后灌一次定根水。翌年3月上旬和4月上旬每亩分别追施尿素5kg，4月上旬松土后在地面铺地膜，以保果实鲜洁和土地湿润；5月中旬开始采果，6月上旬采果结束后，结合桑园翻地将草莓植株作为肥料翻入土壤。

新栽桑园2~3年内夏季可间作西瓜。西瓜采用早熟蜜丰和新红宝等中早熟品种。3月中下旬育苗，4月中下旬移栽到桑园，移栽密度是每亩4 000~6 000株。定植前桑树行间施足底肥，亩施有机肥1.5t、复合肥25kg。起垄后隔行移栽，瓜蔓伸展方向与桑行垂直。西瓜移栽成活后及时松土除草，搞好西瓜的摘心压蔓工作，调节其营养生长和生殖生长。根据苗情分期施肥，第一次追肥在西瓜定植后10d，第二次追肥在见瓜期，第三次追肥在膨瓜期，每次施标准化肥15kg/亩，使西瓜既不疯涨又不早衰。6月中旬至7月中旬采收西瓜。

西瓜收获后，在9月中旬至10月上旬，播种育苗黑菜，亩用种量2.0kg，1亩大田育苗可移栽桑园7.5亩，10月上旬至11月中旬移栽到桑园中。栽植株行距为10~15cm见方。定植黑菜前亩施有机肥1.0~2.0t、复合肥10kg，定植后立即浇定植水。成活后追一次粪水或尿素5~6kg，以后根据苗情，酌情施肥灌水。从12月中旬至翌年4月逐渐上市。

4. 效益分析　桑园间作蔬菜和瓜类作物后，经济效益有不同幅度的提高。桑园间作草莓后，亩产值平均增加约1 947元，平均亩增收1 547元。间作西瓜再复播黑菜后，亩新增产值1 527元，新增利润1 113元。间作草莓比间作西瓜与黑菜的桑园，亩产值增加420元、亩利润增加430元。

桑园的合理间作不仅增加了经济效益，也为市场提供了初夏的草莓鲜果、西瓜和冬春蔬菜，具有很好的社会效益，缓和市场供应矛盾。同时，又可利用菜皮、菜根、草莓藤等喂猪、喂鸡、养羊、养牛等，发展养殖业，增加农民收入。养殖业的粪便可用来肥桑，实现良性循环，具有较好的生态效益。农村剩余劳动力也可以得到充分的利用，桑树也因间作得到精心管理，生长明显好于不间作桑园。

（五）柑橘园间作蔬菜

1. 间作蔬菜种类 番茄、茄子、黄瓜、辣椒、莴笋、蒜、花菜和西瓜等。

2. 种植规格和技术要点 在幼龄柑橘园前三年，果树不会产生任何效益。上半年可以有效地安排番茄、茄子、辣椒、黄瓜、西瓜等作物。下半年可以安排毛白菜、莴笋、葱、蒜、花菜等。主要间作模式有“西瓜、毛白菜、花菜”、“西瓜、莴笋”。以“西瓜、毛白菜、花菜”这一模式效益最高，全年亩纯收入可达7 000多元。蔬菜生产周期短，一年可生产2～3季，应根据蔬菜生产特性，合理安排茬口，选择合适的栽培品种。番茄品种选用早丰、合作903，西瓜品种一般选择特大新红宝，茄子选择万吨早茄、科光茄子，莴笋选用下毛峰等品种。上半年种植的早春蔬菜，围绕一个“早”字，应用地膜覆盖和2，4－D保花保果技术。病虫害防治方面采取农业措施、物理措施、生物措施、化学措施等综合技术。

3. 效益分析 据《致富经营》一文《幼龄柑橘园套种蔬菜效益高》介绍，上半年共套种14亩，每亩纯收入达2 693元，下半年共套种蔬菜7.5亩，平均每亩纯收入2 242元。全年合计在幼龄柑橘园共种植蔬菜21.5亩，总收入75 650元，扣除投入21 128元，纯收入54 522元，亩平均增收2 467元。

（六）枣树间作瓜类

1. 枣树种植规格和技术要点 枣在所有果树树种中生长较为缓慢，如果采用稀植或中密度栽培，成形慢，产量、效益低。为此，必须靠增加单位面积的栽培株数来弥补。各地在发展枣树时，要根据不同立地条件，在选择优良品种的同时，选择不同栽培模式。

（1）密植栽培模式 选冠小、早果、早丰的品种如梨枣、冬枣等。在肥水条件较好的地块栽植，可分为3种形式，树形可采用主干疏层形或自由纺锤形。

① 常规密植 株行距2.0m×3.0m或3.0m×4.0m。目前，各地大都采用此模式。前期产量较中大冠树形上升快，但3～5年后，株间交接，行间不能机械化作业，给各种管理带来不便。

② 普通宽窄行密植 通过近年来实践，株行距以1.5m×1.5m×4.0m和2.0m×2.0m×4.0m带状栽植。此方式不仅产量增幅快，还便于管理作业。从树形上用单轴独干形或细长纺锤形，树高控制2.5～3.0m，便于人工采摘。成形后行间跨度在3m左右，便于施肥、喷药和修剪等管理操作。此方式仅地下管理就可节约用工23%～35%，较常规密植具有很多优点，可以在生产中推广应用。

③ 单行“Y”字形密植 密度为1.0m×（2.5～3.0）m，每亩栽216～222株。从树形上可整成“Y”字，成双臂状呈45°～50°延伸，中间可通过机械耕作。这样整形管理好的二年生冬枣亩产600kg，三年生亩产达1 200kg以上，是一种速生丰产形设计。由于成形快、产量高、密植又便于机械化管理，可以推广应用。以上3种形式，随着植株的长大，也可在5年后株或行间伐或移植另植成园。

（2）草地枣园模式 超密枣园，株行距（0.5～0.8）m×1.0m，每亩栽840～1 334株。选用梨枣等矮化早果品种。每年平茬，利用当年植株结果。

（3）地埂栽植模式　选用耐旱的赞皇大枣、骏枣等品种。在丘陵山区梯田外沿埂里侧栽植，株距 2～3m。树形可采用自然开心形或主干疏层形。

（4）果园防护林模式　在果园外围，按株行距（1.0～1.5）m×（2.5～3.0）m 双行栽植，选用金丝小枣、赞皇大枣、骏枣等乔化品种，树形以主干疏层形为主。

2. 枣树行间间作瓜类蔬菜　按瓜类种植技术进行。

（七）山核桃间作黄花菜

1. 山核桃种植规格和技术　山核桃是千岛湖名优特产，浙江省淳安县现有成片种植面积共 9 013.3hm^2，2001 年被国家林业局命名为“中国山核桃之乡”。几年来，随着市场经济日益发展，山核桃愈来愈受世人的青睐，其价格坚挺且市场前景看好。由于长期以来群众发展山核桃仍是低水平培育、粗放经营，使其发展受到了制约。为达到高产稳产优质高效之目的，就必须走科学培育的路子。具体丰产栽培技术内容如下。

（1）培育壮苗　山核桃繁殖方法有播种和嫁接两种。由于山核桃嫁接技术尚未大范围推广，目前生产上大多采用播种繁殖。

① 播种繁殖　播种繁殖分秋播育苗、冬播育苗、春播育苗。秋播育苗由于播种时间较早，种子又经催芽，地膜覆盖，苗木遮阳等技术措施，种子没有休眠期，而且增长了生长期，严寒不受冻害影响，酷热也不受干旱的影响，不但单位面积产苗量比冬播高 11%，比春播高 16%，而且苗木高大粗壮，根系发达，质量好，抗性强，平均苗高是冬播 1.63 倍，春播 1.84 倍，平均地径是冬播 1.51 倍，春播 1.65 倍，故以秋季播种为佳。

A. 圃地选择　圃地以选择排灌良好，交通方便，土壤肥活的沙壤土为好。

B. 选择优良品种　良种是壮苗的基础，选择生长健壮、无病虫害、果大、壳薄、饱满、出油率高，抗性强，树龄为 20～50 年的优良母树，充分成熟时，即白露后 3d 进行采种。

C. 种子处理　将采收的优良种子用木磨脱蒲，然后用清水浮去空籽和不饱满种子，最后捞起沉种子晾干。

D. 催芽　种子催芽采用细沙层积法。最好放在箩筐内，沙含水量为 4%～5%，即捏之成团，放之即散为佳。1 层沙 1 层种子，上覆 1 层沙 2～3cm，箩筐外用塑料薄膜包好，48h 后倒出，此时有一半左右的种子开裂发芽。种子以开裂刚露白芽为佳，芽不宜太长，否则播种时容易断芽。没有开裂的种子，同样方法继续催芽，每 48h 播种 1 批，10d 后仍不开裂发芽则废弃。

E. 播种　已开裂露白发芽的种子即可播种。播种时间为 9 月中旬。最好选阴天或晴天早晚作业。采用条播条距 20cm，株距 10cm。种子横放，即开裂口与土壤垂直。横放出苗率比种子倒放高 27%，且苗木出土整齐生长好；倒放不但出苗率低，且苗木出土不整齐和根茎弯曲，导致起苗根部易断。播种后覆土 2～3cm，播种量为湿籽 75kg/亩，播种后覆拱形地膜。为保湿控温，白天将地膜两头打开通风，傍晚时再盖好，以防冻害。此外，需做好防旱、防水、防鼠等工作。

F. 管理　山核桃为阳性喜光树种，但幼苗喜阴，极怕高温干旱和烈日暴晒，同时，极忌积水，否则易烂根。因此，山核桃育苗须把好“六关”。

第一，出苗关。为使苗木出土迅速而整齐，要保持苗床土壤疏松、湿润、防止板结。

第二，排水关。雨季注意及时排水，严防积水，地下水位较高的要深挖排水沟排水。

第三，炎夏关。炎夏做好遮阳和灌溉。6 月底至 9 月初要搭好荫棚，防止干旱及日灼而影响苗木生长。

第四，施肥关。以施底肥为主，并施足，每亩至少2 500kg 有机肥（猪栏粪），钙镁磷肥、复合肥各 50kg，施入播种沟内。追肥应掌握“量少次多”的原则，前期以施 N 肥为主，中后期以施 P 肥、K 肥为主。

第五，除草关。圃地除草是一项费时、费力的工作，不及时除草容易形成草荒，严重影响苗木生长。基地育苗要充分发挥除草剂的效能。播种前 1 周在苗床上喷施果尔除草剂，使用须注意：用药量 50ml/亩，加水 50kg 均匀喷施，保证药膜的完整，以达到最佳效果。果尔除草剂为触杀型除草剂，喷施应均匀周到。果尔除草剂有一定毒性，用药时须注意安全。果尔除草剂对树苗也有触杀作用，所以，使用时不要接触苗木，严防伤苗。

第六，病虫害防治关。山核桃圃地常见害虫为蚜虫、金龟子幼虫、地老虎幼虫等，病害主要是苗木根腐病。发生蚜虫可用敌敌畏乳剂 0.07% ~0.2% 的溶液喷杀。金龟子幼虫、地老虎幼虫可在播种翻耕土时人工捕杀或农药粉剂撒播沟内，毒死幼虫。金龟子 1 年 1 代，成虫期时间较长，有一定群体性，在圃地活动，可以人工捕杀。地老虎可以采取排水沟堆草诱杀，清晨人工捕捉。山核桃苗木根腐病除及时排水外，苗木长高 20cm 以上，晴天每周喷施 1 次 0.5% ~1% 波尔多液或敌克松防治。

② 嫁接繁殖　嫁接繁殖分枝接与芽接两种。枝接可在早春进行，芽接可在整个生育期进行。接穗应在健壮、丰产、优质母树上选采发育枝。采穗时间在母树树液流动、裸芽、枝开始变色时为宜（大约于 4 月上中旬），采穗后立即在两天之内完成嫁接，成活率最高。

（2）科学造林

① 适地适树　山核桃对立地条件要求严格，喜温暖湿润气候，雨量充沛，无严寒，年平均温度为 16℃左右，年降水量 1 400mm 左右，年平均相对湿度为 79% 左右。土壤要求石灰岩风化的黑色乌沙土和花岗岩风化的黄棕土壤，pH 值 5.5 ~7.0。中低山腰山脚，海拔为 300 ~700m，湿润凉爽，又不积水，土层厚、肥沃的缓坡生长最佳。土壤黏重瘠薄、强酸性，光照强、气温高、酷热干旱等环境，不宜山核桃生长。

② 细致整地　在水土不易流失的平坡及坡度在 25°以内缓坡地带，宜行全垦整地，清除柴桩、藤根、石块等。对 25°以上坡度的林地应采取水平整地或块状整地，保留一定面积草带，以利保持水土。穴规格一般为 60cm ×60cm ×40cm。且尽力做到表土回穴。

③ 密度合理　山核桃寿命长，冠幅大，不宜密植，初植密度株行距为 5m × （5 ~5）m ×4m，400 ~450 株/hm^2。最后保持株行距为 6m ×5.5m，300 株/hm^2。

④ 适当间作　为了充分合理利用林地，造林初期应进行豆类作物或油桐的间作。间作的作物需与山核桃树保持 50cm 的距离。通过对作物的中耕、除草、施肥，既可起到以耕代抚，又可达到以短养长的目的。

⑤ 除草松土　雨季结束后，进行除草松土。冬季休眠期进行深挖松土，即为“伏铲”、“冬挖”。

⑥ 施肥　山核桃属风媒花，雌雄同株。山核桃结果的基础是雌性花的花原基，只有花原基多结果才多。根据山核桃的生物学特性，施肥时期以春秋两季为好。春季 2～3 月施速效肥可促进雌花花芽分化、发育和春梢的生长发育，有利于提高雌花质量，减少落花落果；秋季 8 月底至 9 月中旬的采果前后施速效肥与有机肥相结合，可延长叶的寿命，增加光合作用产物积累；5 月中旬加施一次 P 肥、K 肥或山核桃专用肥，效果更佳。施肥方法采用穴施或沟施，即从树冠半径 1/2 处，均匀地挖小穴或离树四周 1.5m 直径环沟施肥，施肥后浇水覆盖草，有机肥与化肥结合施，肥效更好。

⑦ 病虫害防治　冬季休眠期和春梢萌芽前（3 月中旬）喷施 5 度石硫合剂，清除越冬病虫害。对枯死枝及时清除烧毁，减少林网虫口密度。4 月中下旬，一旦发现蚜虫和花蕾蛆就积极采取措施，进行控制和消灭。可用杀螟松 0.1% 稀释液进行喷雾。进入 6 月份后经常观察山核桃的主干和主侧枝，发现树皮有新鲜天牛咬痕，可在伤痕及其周围涂刷农药稀释液杀死虫卵或幼虫。发现有蛀屑排出孔洞，掏出蛀屑后，用注射器注入农药原液毒杀，并用浸过农药原液的棉球或塑料纸将孔封住。

⑧ 适时采收　采收是保证果实产量、质量和减少树体损伤的重要措施。采收时间一般在“白露”后第三天开始，果实充分成熟时，外果皮与果核分离，果熟蒂落。此时采收只需用细长而有弹性竹竿，以竿梢左右轻轻敲，便可坠地。

2. 黄花菜栽培技术

（1）整地施肥

① 选地　黄花菜对土壤要求不高，轻壤、沙壤均可种植。因其喜水喜肥耐盐碱，选择二阴下湿保浇地或沙坡上的水浇地最为理想。

② 深翻整地　深翻土壤有利于根系生长。深度为 20～30cm，按平，打埂、修渠、做畦（畦长 6m，宽 2m）。

③ 施足基肥　以畦按行距大小，集中施肥，一般亩施优质农家肥 4 000kg。过磷酸钙 50kg。

（2）栽植

① 选好秧苗　黄花苗一般从生长多年的老黄花地刨出 1/3 的老根或用切块分芽繁殖的秧苗作种苗。

② 栽植时间　黄花菜除旺苗期、采摘期外均可栽植。一般以春秋两季为好，春栽在清明前后、土壤解冻后进行。

③ 栽植形式　采用宽窄行栽植，每畦栽 2 行，宽行距 1.3m，窄行距 0.6m。栽后踩实，苗子露出地表 1cm，复水缓苗。

（3）田间管理

① 中耕除草　早春大地解冻后，应进行第一次松土除草。以后结合浇水施肥，多次进行中耕，保持土壤疏松无杂草。

② 科学施肥

A. 少施催苗肥　黄花菜出苗后到花茎抽出前，亩施尿素 15kg。

B. 巧施催蕾肥　当植株叶片出齐，花薹抽出 15～20cm 时，结合浇水撒施尿素 30kg/亩。当花薹抽齐，结合浇水，每亩撒施尿素 10kg。

C. 轻施保蕾肥　采摘中后期蕾大花多，每隔 1 周喷施 500 倍液 KH_2PO_4，小蕾不易凋谢。

D. 施好越冬肥　为培肥地力，保证翌年高产，结合深刨，亩施优质农家肥3 500kg，过磷酸钙 50kg。

③ 浇水　黄花菜喜水，在生长发育期保持一定的土壤水分有利高产。出苗后抽薹前，第一次水必须浇足；抽薹到采摘，每隔一周浇一次水；采收到终花期，保持土壤湿润，采摘结束后浇 1 次水，延长功能叶，为翌年丰产积累养分；封冻前过行蓄墒。

④ 合理间作　新栽黄花菜的前 2 年，苗子小，产量低，可在大行间种一些低秆作物，如瓜、豆、薯类等作物。

⑤ 割老叶　在寒露时，黄花菜叶全部枯黄，要齐地割掉，并烧掉枯草、烂叶，减轻翌年病虫为害。

（4）病虫害防治　3 年以上的黄花菜的害虫主要有地老虎、蚜虫、红蜘蛛。黄花菜开始返青时，用辛硫磷灌根防治地老虎。在夏季可喷 20% 双甲脒杀虫螨剂防治蚜虫、红蜘蛛。采收后易发生锈病，可喷打代森锰锌防治。

本章参考文献

1. 柏晓非，赵普昌，赵百丽 . 2001. 果园间作洋葱栽培技术 . 现代化农业，(3)：17

2. 曹振岭 . 2005. 果树地间种石刁柏的田间管理技术 . 科技致富向导，(8)：17 ~ 18

3. 晁海，张大海，徐林等 . 2007. 杏棉间作系统小气候水平分布特征研究 . 新疆农业大学学报，30（1）：35 ~ 39

4. 代小惠 . 2005. 果菜间作技术 . 林业实用技术，(5)：34 ~ 35

5. 丁小丽 . 2003. 冬闲桑田间作榨菜栽培技术 . 江苏蚕业，(4)：22 ~ 23

6. 高国珠，郭素娟 . 2010. 间作对板栗林地土壤养分和果实品质的影响 . 北方园艺，(5)：31 ~ 34

7. 刘云昌 . 2007. 草莓与幼龄杏树间作技术 . 北京农业，(6)：21 ~ 22

8. 龙秀琴，李苇洁，杨承荣等 . 2009. 山核桃幼林和黄花菜间作技术研究 . 中国林副特产，(3)：5 ~ 7

9. 潘宝晖，曹庆鑫等 . 2001. 幼龄梨园的间作模式 . 落叶果树，(6)：51 ~ 52

10. 宋建伟，朱春茂 . 2005. 枣棉粮高效立体间作模式及配套技术措施 . 经济林研究，23（4）：65 ~ 68

11. 王伟，姚举，李号宾等 . 2010. 杏棉间作对棉花害虫与捕食性天敌的影响 . 新疆农业科学，(9)：1 897 ~ 1 901

12. 吴俊山，吴岳山 . 2005. 旱砂田枣瓜间作栽培技术 . 农业科技与信息，(3)：14

13. 吴士平 . 2001. 幼龄桑园几种间作形式 . 农家之友，(5)：24

14. 谢青碧 . 2006. 幼龄柑橘园套种蔬菜效益高 . 农家科技，(10)：31

15. 杨斌，辛永清，李楠等 . 2010. 旱砂田幼龄枣树间作籽瓜的生产模式 . 经济林研究，(3)：125 ~ 128

16. 杨启勇，徐梅，葛平勇等 . 2010. 丘陵地杏园间作模式试验研究 . 现代农业科技，

(12)：103～104，106

17. 杨秀勇，孙兆祥，刘春．2006. 沙化土地幼龄核桃间作花生高效栽培技术．果农之友，(4)：26

18. 张劲松，孟平，辛学兵等．2001. 太行山低山丘陵区苹果生姜间作系统综合效应研究．林业科学，37（2）：74～78

19. 赵光磊，万群芳，刘春惊．2010. 杏棉间作复合系统中棉花生长及生产特性的研究．中国棉花，(7)：9～12

20. 郑军伟，张丽丽，谢冠华．2005. 果菜间作套种高效栽培模式．果农之友，(7)：28～29

21. 郑军伟．2005. 果菜间作套种的几种高效栽培模式．农村百事通，(22)：40～42

第三章　果草（牧草）间作

第一节　果草间作的作用

果草间作是在果树行间或全园间作种植多年生草本植物作为覆盖物的一种果园耕作制度。这项技术于19世纪末在美国首先出现，到了20世纪40年代，随着割草机的问世和灌溉系统的发展得以大力推广。目前，欧美和日本果园土壤耕作管理主要以间作生草为主。中国也开始大力推广果园间作生草技术，在实际生产中取得了显著的生态经济效果。

一、改善果园生态环境

（一）保持水土，改善土壤肥力

中国大多数果树都在丘陵山地栽培，地表裸露，长期以来，水土流失严重。果园生草后能有效接纳、拦截雨水，减少雨水冲刷和地表径流。土壤中，多而发达的根系使根际土壤紧紧连在一起，从而有效避免土壤颗粒的流失。

果园生草栽培具有改良土壤、保持水土的作用也已为大量的研究所证实。日本青森苹果试验场资料表明：生草制果园水的流失减少50%左右，土的流失减少99.6%以上，N、P、K主要营养元素流失减少84%～96.5%。生草栽培减少土壤容重，增加孔隙度，蚯蚓密度的增加，使得根系可生长的空间增加，水分径流和浸蚀减少。目前果园生草栽培作为保持水土，提高地力的主要技术已被广为接受。

果草间作栽培可增加果园土壤有机质含量，尤其是土壤表层，深层土壤有机质增加量随土壤类型及环境条件而变化。黄土高原区苹果生草6年后，有机质含量增加0.19%～0.57%，提高24.4%～73.1%。太行山区苹果园种植沙打旺，土壤养分效应的研究表明，复合系统0～50cm土层有机质含量较清耕对照提高30.0%。李会科等（2004）对陕西渭北苹果生草园和清耕园土壤理化分析结果表明，生草能显著地增加0～20cm土层土壤有机质含量。在黄河故道地区葡萄园行间生草后，土壤有机质含量提高54.4%。

果草间作栽培可促进土壤养分分解与释放，改善土壤肥力。邓玉林（2003）认为，果园生草栽培土壤有机质、全N和速效P的含量分别增加2.028%、0.036%和3.270 mg/kg。渭北苹果生草园和清耕园土壤理化分析结果表明，生草降低了0～40cm土层中全N、全P、全K含量，说明牧草、苹果在该土层存在养分竞争，应在生产中加强对牧草的施肥管理。但生草能提高该土层水解N、速效P、速效K的含量，有利于苹果对营养元素

的吸收；禾本科牧草活化有机 P 的能力强于豆科，而豆科牧草提高水解 N 的能力强于禾本科牧草，因而在果园生草中开展不同种类牧草混作和轮作有利于发挥不同牧草的作用功能。牧草种类不同，土壤基础肥力不同，果草间作的营养效果也不尽相同，在短期内营养充足条件下，果草间作能改善和促进土壤养分的分解和利用，提高土壤肥力。

国外一些研究表明，长期果草间作可以增加土壤肥力，但是有效养分增加很少。果园生草有利于提高 P 的有效性，对土壤 K 的影响不大。果园生草栽培尽管还田后不影响土壤含 N 总量，但影响 N 的吸收，生长季节土壤中可利用 N 素，特别是 NO_3-N 可能减少。而 Haynes 和 Gah（1980）表明，每年通过草皮修剪返还土壤的 N 为 400 ~ 600kg/hm^2，因此，生草制度下土壤全 N 较高，但它增加的主要是有机结合的营养，可利用态 NO_3-N 和 NH_4-N 增加很少，而土壤速效 P 不增加。Deit（1992）认为，生草可增加深层土壤 P 的含量，生草制度下土壤 Ca、Mg 交换量增加，K 不增加，因为生草制下，Ca、Mg 淋溶减少。

（二）调节土壤微环境，改善果园小气候

果园生草具有隔热保墒作用，缩小地温的昼夜和季节变化幅度，避免白天因太阳直射暴晒导致的土壤急剧升温，减弱了夜间地面散热降温，使一天中土温变化趋于平缓。生草覆盖后，在夏秋高温连旱季节可提高土壤含水率。

邓玉林等（2003）的研究表明，果园生草栽培较单一果园 0 ~ 3cm 土层的土壤毛管孔隙度、毛管贮水量、饱和含水量和土层贮水量分别增加 9.9%、7.2%、10.4% 和 300 t/hm^2。李会科（2004）等对渭北苹果生草园和清耕园土壤理化分析结果表明：生草区0 ~ 40cm 土壤容重平均降低 6.5%，田间持水量增加 7.19%。郝淑英等（2003）在黄土高原区对苹果生草覆盖 6 年后的土壤进行研究，发现 0 ~ 20cm 土壤水分增加 1.7% ~ 3.0%，提高 16.7% ~ 29.4%。

Rogers（1995）发现，生草制度下土壤较清耕区春季早 15 ~ 30d 开始散失水分，活跃生长的草在整个生长季节均需要较多的水分；浅根性的及一年生草对水分的竞争能力弱于多年生草。非灌溉区这种水分竞争很关键。干旱条件下，间作生草与果树的水分竞争作用使得树体必须利用较深层次的水分。

生草栽培具有良好的改善土壤温度的效果，并在一定程度上具有调节树冠层空气温度的作用。李国怀（1997）研究发现，与清耕对照相比，柑橘园间作百喜草，地表温度日均值、最高值分别降低 11.8 ℃和 22.5 ℃，根际土温日均值、最高值也分别降低 4.2 ℃和 6.0 ℃，土壤含水率平均提高 1.4%，且树冠层日均空气温度下降 0.4℃，日均空气相对湿度提高 4%。刘殊（1996）也认为，果园生草起到了平稳地温的作用，在寒冷季节，可提高冠下气温 0.2 ~ 0.5℃，提高叶温 0.2 ~ 1.0℃，提高地表温度 2.0 ~ 3℃，提高根际土温 1.0 ~ 2℃；在炎热季节，可降低气温 0.5 ~ 0.6℃，降低叶温 0.4 ~ 1.7℃，降低地表温度最高达 10.7℃，降低根际土温 2.5℃。橘园生草栽培 6 ~ 9 月的地表平均温度比清耕对照低 4.0 ~ 11.0℃，8 月高温期可降低地表温度 10.4℃。自然生草、梨园生草、葡萄园绿肥种植均具有类似的效应。

在草旺盛生长的夏季，果园生草使土壤湿度降低，这有利于滤掉土壤中过多的水分，

促进根系的生长和水分的吸收。橘园采取自然生草、日本草、育皮豆和花生种植覆盖，夏季高温干旱前期的气温比清耕对照低 1 ~10 ℃，空气相对湿度高 8% ~36%；高温干旱期气温低 1 ~9℃，空气相对湿度高 3% ~9%。

（三）抑制果园杂草和有害生物，增加天敌数量

果草间作可以提高天敌及其他节肢动物群落数量、丰富度及多样性，使害虫数量得到有效的控制。但恶性杂草居多时，宜先除草再实行生草法。

苹果园实行生草后，果园内的天敌昆虫种类和数量显著增加，主要病虫害种类有所减少，某些病虫害减轻或发生期推迟，某些害虫被招引到地面的草上，果园喷药次数减少，防治难度降低。但少数病虫害如苹果树粗皮病、腐烂病、二斑叶螨、金纹细蛾的发生程度有所加重。橘园套种霍香蓟后，天敌数量比对照增加 130.2%，红蜘蛛数和其卵数比对照分别低 2.1% 和 3.8%。苹果和紫花苜蓿间作，天敌数量提高了 200%。国外在生草果园天敌种类、数量方面的研究结果也表明，生草增加了果园的生物多样性，增加了天敌数量。Wyss（1996）研究报道，苹果园内行间生草带蚜虫天敌数量明显增加，而蚜虫的数量与无草带和使用杀虫剂 6 ~8 次的对照区无明显差异。橘园种植白三叶、黑麦草后，中华草蛉虫、六点蓟马、瓢虫等天敌数量显著增加，橘园农药用量减少 3/4，起到了生物防治的作用。

果园生草可抑制杂草的滋生。如橘园间作霍香蓟后，茅草、香附子、绊根草、水花生等恶性杂草相继死亡。栽种百喜草对杂草发生也有较强的抑制效果。

二、增加产量、提高品质

（一）促进果树生长发育，提高产量

果草间作栽培为果树的生长发育创造了良好的水、肥、气、热条件，提高了果树的光合作用效率，为丰产、优质奠定了基础。苹果园生草栽培后，苹果树的分枝和枝条长度均明显增加，春梢生长量增加 23.7% ~67.6%，叶面积增大 29.7%，根量增加 4.1 倍，延长了根系生长期。柑橘园经生草栽培后，春梢萌发量、冠幅增长量及坐果率均有明显提高。生草条件下新红星苹果树植株叶片变厚，叶面积增大，叶绿素含量增加，光合作用效率提高，生草栽培明显提高了苹果叶片对 CO_2 的日同化量和年同化量。生草栽培明显提高果树夏秋季节叶片光合作用速率。

曹保芹等（2008）研究发现，种植白三叶可提高苹果的产量和品质。不同的草种对果树的产量和品质影响不同。果园生草覆盖后，可使苹果单果质量、可溶性固形物含量、果实硬度、果形指数及单位面积产值均提高，但增幅和草种有关；不同草种对苹果树叶片光合作用速率影响不同：鸭茅（*Dactycisg lomerata*）>无芒雀麦（*Bromus inermis*）>红三叶（*T. pratense*）。

草种不同，果树对 N、P、K 等养分的吸收利用也存在差异。同时，研究还发现，生草方式影响果树的生长发育，不同生草方式对果园的生理生态效应不同，从果树冠幅、果实品质、果实产量看，全园覆盖果树的冠幅和产量低于带状覆盖。

（二）改善果实品质

生草可以影响果树的生理活动，提高果树产量、改善果实品质。虽然不同的研究结论有所差异，但大部分研究发现，果园生草可使果树根系下扎，提高果树蒸腾效率和光合作用速率，延长光合作用时间，有助于提高树体的碳素营养水平，果树长势强，枝长而粗，叶大而厚，果大形正，单果质量、产量及其品质等方面都有所提高。生草栽培红富士苹果单果重提高 18.06% ~21.88%，产量提高 12.73% ~31.57%，一级果率比对照提高 5.93% ~9.74%。果园生草栽培后，梨果实可溶性固形物含量由对照的 12.1% 提高到 15.8%，单果重由 235.1g 提高到 281.2g，产量由 2 231kg/亩提高到 2 600kg/亩。

果园生草栽培的果实果皮变薄，可食率提高，可滴定酸含量下降。梨园生草果实维生素 C 含量提高 22.5%，而且生草使果实 N 含量下降，P 和 K 含量上升，降低果实含 N 量，提高 P 和 K 含量可促进着色，提高果实含 P 量可减轻贮藏期间的低温伤害。K 含量的提高一般伴随着可溶性固形物含量的提高，有利于减轻贮藏过程中的病害和腐烂。

生草果园的空气湿度较大，可起到调节果树冠层空气温度的作用，改善果园微生态，减轻果树枝干和果实的日灼，特别是在果实去袋后，生草层中的露水经太阳照射形成水蒸气，均匀地附着在果实表面，使果实着色均匀，有光泽，从而提高了果实的商品率。

三、种草养禽养畜，增加收益

果园生草不仅有较好的生态效益，而且有较好的经济效益。主要表现在两个方面，一是直接提高果园收入，二是减少成本。丁玉川等（1996）以 1994 年及 1995 年成龄生草园的山楂树产量结果计算，平均增产率为 28.5%，每公顷增产 6 480kg，按每千克 0.8 元计，可增加直接经济效益 5 194 元。

百色右江河谷地区利用果园间作牧草发展果园养羊，主要是利用果园间作优良牧草、果树疏剪的枝叶和农作物秸秆等饲草资源，有效实现了不争地、成本低、可持续发展的生态养殖。间种牧草果园可增产 12.5% 左右，按 2006 年右江河谷芒果平均产量 8 880 kg/hm^2 计，间种牧草及施用山羊粪后可增产 1 110kg/hm^2，以平均收购价 3.5 元/kg 计，收入增加 3 885 元/hm^2。

同传统的养鸡方式相比，果园生态养鸡首先具有较好的生态效益，达到了物质的循环利用。在果园中养草，鸡吃虫除草，起到了一定的生物防治病虫害的作用。果园内不使用除草剂，能减少农药、肥料用量，并能有效改良土壤，解决了土壤恶化问题，提高了果品质量，实现以园养园。生态养鸡有较高的经济效益。鸡能吃到青草、嫩叶、小虫等动植物饲料，饲养成本低，一般比舍饲的成本低 10% 以上，价格比舍饲的高 10% ~15%，因而效益高 20% 以上。此外，还利于提高鸡肉的品质。由于果园鸡饲养密度低，活动空间大，水源清洁，光照和运动充足，加之以杂草、虫类、黄沙等，辅以稻谷、玉米等杂粮为主要饲料源，生产的鸡肉脂肪含量低、肌肉结实、肉味鲜美，具有一定的野禽风味产品品质，深受消费者欢迎。总之，果园生态养鸡能有效提高种养殖业的综合效益，获得效益、环境、产品品质的三赢。

第二节 果草间作模式

一、适宜间作的牧草种类

果园生草覆盖后，果树的产量、品质提高，病虫为害减轻，土壤结构、土壤养分等得到改善。但此类效益和草种密切相关。同时，果园土壤有机质、容重、含水量、温度、肥力、微生物等因果树种类、土壤质地、草的种类、播种方式、生草年限、生态条件和试验条件等不同而不同。对不同草种在果园生境中功能的缺乏深入了解，使草种的选择成为了果园生草的首要问题，甚至成为了果园生草成功的关键。

（一）草种选择原则

1. 具有良好的抗逆性、适应性，便于管理 果园生草要求草种在与果园杂草竞争中有较强的优势，耐割耐践踏，再生能力强；繁殖容易；覆盖性好，覆盖期长，春季早发性好，返青快，能迅速覆盖地面，以有效控制越冬杂草返青和春季杂草萌发；易于被控制，便于必要时采用人工、机械或施用化学除草剂净除等，减少去杂用工。一年生绿肥因需要每年播种、管理及翻压等，自身栽培管理费工费时，难以推广发展。现在世界上许多国家或地区注重利用当地的果园杂草或实行果园自然生草（需剔除恶性杂草）。中国地域辽阔，气候、土壤条件差异很大，因此，各地应针对自己的具体情况选择适宜的草种。如北方果树产区冬季寒冷，降水量少，土壤盐碱化，应选择耐寒、耐旱、耐盐碱的草种，如苜蓿、草木樨、结缕草等；而南方果树产区，特别是红黄壤地区，土壤瘠薄酸性，春夏多雨，水土流失严重，夏秋高温连旱，则应选择耐瘠薄、耐高温干旱、水土保持性能好、适应酸性土壤生长的草种，如百喜草、恋风草、黑麦草等。

2. 有利于保持水土，培肥地力 在水土流失多发区，为了获得良好的水土保持效果，要求草种根系发达，最好是匍匐茎植物。因其匍匐茎上节节生根，大大增强了固地性能和水土保持效应。另外，匍匐茎植物一般植株较矮，不影响果园通风透光；根系分布广泛但一般较浅，与深根性果树争夺肥水较少；耐践踏，再生能力强，易于自然补缺。

立地条件差，土壤肥力不足的果园，生草栽培可增加果园土壤有机质，要求草种生长快，鲜草产量高，易腐烂，提倡两种草或多种草混种，特别是豆科草和禾本科草混种。这样既能够充分利用土壤和光热资源，提高鲜草产量，又可以提高群体适应性、抗逆性和利用它们的互补特性。如豆科植物具有固氮性能和较强的富集 P、K 的能力，分解腐烂快，能较快地补充土壤有效 N 素和其他矿质养分；而禾本科植物分解腐烂较慢，更有利于土壤有机质的积累和土壤有机－无机复合胶体的形成。

3. 不为害果树生长 草种选择不当，会滋生果园病虫，加重果园病虫为害。如橘园种花生、甘薯等，线虫病发生加重，而种禾本科草则发病较少。因此，应选择与果树无共同病虫害的草种，最好是能寄生或保护果树害虫天敌的草种。如中国南方橘园种植藿香蓟，因其花粉是柑橘红蜘蛛的天敌捕食螨的食料来源之一，所以，有利于保护和促进捕食

螨的繁殖，从而降低红蜘蛛的发生与为害。北方果园种草木樨可保持草青蛉数量，种苕子可增加瓢虫数量。有研究表明，果园即使实行自然生草，由于提供了害虫天敌的食料和栖息场所，也可以减轻多种害虫的为害。

果园生草栽培后，草种根系生长过程中或植株体腐烂过程中会分泌和释放各种化学物质，其中，有些对果树生长有利，有些则可能有害，这就是植物间的化学他感作用，即相生或相克。现已证实，狗牙根、铁荸荠等对柑橘生长就具有抑制效应。

果园生草栽培后，为避免草种与果树间对养分、水分的竞争，应选择需肥需水少的草种，必要时还需专门施肥灌水以满足草种生长对于养分水分的需求。另一方面，果树根系一般分布较深，因此，应选择浅根性草种，如百喜草、结缕草、白三叶等，以根系集中分布于地表 10～15cm 内最为适宜。如果必须选用深根性草种，则生草只能限于果树行间，而株间或树盘下应采用清耕、化学除草或覆盖法管理，以避免草种与果树根系争夺肥水。

（二）适宜的牧草种类

从综合性状看，百喜草是优良的果园生草栽培草种，为原产拉丁美洲的多年生禾本科草种，耐高温干旱，又耐低温耐湿，耐瘠薄耐践踏，覆盖性好，植株较矮，根系分布浅，鲜草产量高，再生能力强。过去中国栽培较多的多年生豆科植物白三叶因不耐高温干旱，夏秋遇高温干旱易枯死，适宜于无夏秋高温干旱的地区，如山区或高海拔地区栽培。黑麦草、恋风草生长快，鲜草产量高，植株较高，适宜于宽行密株条件下的行间栽培。

中国的植物资源非常丰富，根据果园生草原则，具有应用潜力的草种资源很多，应根据果树种类、土壤肥力、气候及灌溉条件等，加强果园生草植物种、品种的筛选，从而达到果树、土壤、温湿度条件与草种配套的目的。目前具有优良果园生草特性并可能适应果园生长的具有利用潜力的主要草种有以下几种。

1. 禾本科　匍茎剪股颖（*Agrostis stolonifera*）、细弱剪股颖（*A. tenuis*）、绒毛剪股颖（*A. canina*）、小糠草（*A. alba*）、无芒雀麦（*Bromus inermis*）、多年生黑麦草（*Lolium perenne*）、一年生黑麦草（*Lolium multiflorum*）、草地早熟禾（*Poa pratensis*）、粗茎早熟禾（*P. trivialis*）、紫羊茅（*Festuca rubra*）、高羊茅（*F. elata*）、草地羊茅（*F. pratensis*）、硬羊茅（*F. ovina*）、鸭茅（*Dactylis glomerata*）、野生狗牙根（*Cynodon dactylon*）、杂交狗牙根、普通狗牙根、野牛草（*Buchloedactyloides* ）、地毯草（*Axonopus compressus*）、细叶结缕草（*Zoysiatenui folia*）、沟叶结缕草（*Z. matrella*）、大穗结缕草（*Z. macrostachya*）、中华结缕草（*Z. sinica*）、林地早熟禾（*P. nemoralis*）、一年生早熟禾（*P. annua*）、扁穗冰草（*Agropyron cristantum*）、蓝茎冰草（*A. smithii*）、假俭草（*Eremochloaop hiuroides*）、巴哈雀稗（*Paspalum notatum*）、两耳草（*P . conj ugatum*）、钝叶草（*Stenota phrum* ）、弯叶画眉草（*Eragrostis curvula*）等。

2. 莎草科　细叶苔（*Carex duriuscula*）、异穗苔（*C. heterostachya*）、白颖苔草（*C. rigescens*）等。

3. 豆科　百脉根（*Lotus corniculatus*）、白三叶（*Trifolium repens*）、红三叶（*Trifolium pratense*）、小冠花（*Coronil lavaria*）、天蓝苜蓿（*Medicago lupulina* ）、扁茎黄芪（*Astragalus complantus* ）、毛叶苕子（*Vicia villosa*）、箭筈豌豆（*V. sativa* ）、草木樨（*Melilotus*

suaveolens）、紫云英（*A. sinicus*）等。

4. 其他科属 马蹄金（*Dichondra repens*）、沿阶草（*Ophiopogon bodineri*）等。

丰富的当地植物资源应是当地果园生草的潜在优良草种。地方草种对当地特定生态条件的适应性强，此类草种一旦符合果园生草要求，其群落适应性、稳定性好，栽培管理措施比引进草种要简单，因此，在草种筛选中要充分重视利用地方草种。

二、几种果草间作模式

（一）葡萄园种草

1. 技术要点 葡萄园生草制是指在葡萄园行间或全园长期种植多年生植物作为覆盖作物的一种土壤管理办法。其优点：改良土壤结构，提高土壤有机质含量；防止水土流失，保肥、保水、抗旱；改善葡萄园生态环境，提高果品质量；葡萄园生草为病虫害的生物防治和生产绿色果品创造了条件；减少葡萄园管理用工，便于机械化作业。

葡萄园生草栽培有人工种草和自然生草法两种方式，又有全园生草、行间生草和株间清耕两种形式。全园生草适于成年葡萄园；行间生草、株间清耕适宜幼龄葡萄园。国外通常在行间种植多年生草。美国果园普遍采用行间生草，株间和树冠下施用除草剂灭草的方法。日本幼龄果园，行间多种三叶草，株间清耕。

（1）葡萄园生草种植方式 葡萄园生草，可以是一种草，也可两种草混种。国外许多果园普遍地把三叶草和草地早熟禾或多年生黑麦草混种，提高群体适应性、抗逆性和互作性，生草的效果很好。国内多采用条播和撒播，可以春播和秋播，在不能越冬的地区，可实行春播；但能越冬的地区仍以秋播为好（一般3～4月或9月在土壤墒情好的情况下均可播种）。每亩播种量禾本科为1～1.5kg，豆科为1.5～2kg，具体可参阅草种说明。掌握最适宜的播种深度是保苗的关键环节，如苜蓿在一般土壤播种深度为2～3cm，沙土为3～4cm，黏土为2cm。在干旱条件下，则应深开沟，浅覆土；在水分不足情况下，覆土厚度以0.6～1.2cm为宜；水分适宜时以0.3～0.5cm为宜。自然生草法，是根据葡萄园长出的各种草，通过自然竞争和刈割，最后选留几种适于当地自然条件的草种，这是一种省时省力的生草法。

（2）葡萄园生草栽培应注意的几个问题

① 葡萄园生草与杂草控制的问题 葡萄园生草虽然选择具有较强优势的草种，但生草初期仍存在滋生杂草的问题，尤其是恶性草，为害很大，应注意及时清除。只有生草充分覆盖地面后，才可控制杂草发生。

② 葡萄园生草与树体争夺肥水的问题 这是果园生草栽培普遍存在的主要矛盾之一。可通过选择浅根性的豆科和禾本科草，并在草旺长期进行适当补肥补水，同时应在旱季来临前及时割草覆盖，减少蒸腾。

③ 葡萄园生草与葡萄病虫害的问题 一般而言，生草有为病虫提供食料和掩护场所，加重病虫害发生的一面，同时也有利于滋生和保护害虫天敌，减轻病虫害的一面。所以，只要因地制宜选择好草种，并采取相关的措施，这个问题是可以解决的。

④ 长期生草影响土壤通透性问题 长期生草，使土壤通透性降低，好气性微生物活

动受到抑制，土壤硝态氮含量减少。为了消除这种影响，除采用经常刈割外，一般每隔 2 年左右在草坪局部更新和 5 年左右在全园更新深翻，可基本解决土壤通透性问题。生草 5～7 年后草已老化，应进行草的更新，可采用喷洒除草剂的方法灭草，然后实施免耕法，1～2 年后重新进行生草。或者及时翻压，将草翻压于地下，然后实行免耕或清耕法，1～2 年后再重新播种或自然生草，注意把表层的有机质翻入土中，树边浅翻。深翻时期以晚秋为宜。

2. 效益分析

（1）生产效益　许多报道指出，生草制度下果树伴随着长势和叶 N 水平的下降，产量也下降。生草制度下，葡萄的产量也会下降，短期内是由于草的竞争，使树体营养下降，果穗和果粒减小所致；长期的减产是由于树体生长受抑制，树体减小的缘故。生草对坐果率也有影响。但在种植绿肥并适当控制的条件下，树体生长和产量会因土壤肥力的提高、结构的改善而提高。黄显淦等（1991）的研究表明，种植绿草，适时翻压，有利于产量和坐果率的提高。黄显淦等在葡萄园进行连续 3 年的试验，发现种植绿肥可平均增产 7.1%～12.3%，果实含糖量提高 0.3%～1.3%。

生草制度下果肉中营养组成与叶片中的变化类似，N 水平下降，P、K 水平升高。果肉 N 含量的下降与改善品质相联系，改善着色，减少落果，增强抗病性。Sicher 等（1995）认为，种植绿肥有效地减少了果实病害。Carsoulle（1997）的研究表明，生草使灰霉病的发生低于清耕。

生草制度下的葡萄植株侧根较长、较多，菌根侵染率高，利于 P 的吸收。生草处理区较清耕的根接近地表，而且表层中有较多的须根，但表层根密度仍以秸秆覆盖和免耕的处理为高。行间生草，行内免耕，幼树根主要分布于近树干处，随树龄增加逐渐进入生草带。有些研究还指出，生草制度下根最差，清耕稍好，但两者均不如秸秆覆盖或绿肥处理的为佳。

（2）生态效益　生草处理增加土壤有机质含量，增加量随土壤和环境条件而变化，增加最多的是表土层，向下依次减少。Haynes（1991）报道，生草 3 年后较中耕的有机碳增加 2%。黄显淦（1996）报道，在绿肥压青的葡萄园中，0～20cm 土层中有机质比清耕增加 0.22%。

生草栽培可以改善土壤酶活性，激活土壤中微生物的活动，改善土壤微域环境，提高土壤表层中 C、N、P 素的转化，加快土壤熟化。统计表明，土壤酶活性与土壤养分关系密切，可以作为评价土壤肥力的指标之一。因此，生草制度下可提高土壤肥力，不仅可以提高土壤全 N 和速效 N、P、K 的含量，还能增加土壤 pH 值，促进树体生长。生草制度下不利于土壤全 P、全 K 含量的提高。生草制度下土壤 Ca、Mg 交换量增加，K 不增加，因为生草制度下，Mg、Ca 淋溶较少。生草制度下土壤 pH 值较无植被的高。

葡萄园生草能缓解降水对土壤的直接侵蚀，减少地表径流，防止冲刷，减少水土流失，在风沙大的荒沙地与坡地果园，可起到防风固沙护坡的作用。葡萄园生草还可提高水分的沉降与渗透速率，减少土壤蒸发，提高水分利用效率。黄显淦等（1996）研究表明，葡萄园种植绿肥可使 0～20cm 土层含水量平均提高 0.7%～1.1%。Piementese 等（1991）用羊茅属草种在葡萄园中进行季节性生草，每 2 年收割一次，结果土壤流失大为减少，其

中，以多年生草最好。

果园生草可起到平稳地温的作用，改善微域生态环境。生草还可延长光合作用时间，提高光合作用速率。在草旺盛生长的夏季，使土壤湿度降低，促进根系的生长和吸收。Stoitchev 等（1995）在葡萄园种植牧草，使葡萄园中气温、土温稳定，形成一个良好的果园小气候。

（二）苹果园生草养鸡

1. 技术要点

（1）场地的选择　鸡舍及场地应选择离村庄 300m 以外，避风向阳，地势高燥，交通、水电便利，且水质无污染、附近没有其他污染源的果园内。场地四周围栏或拦网，进行围栏轮放，利用围网将整个场与外界隔离，分群轮换牧养，防止狗等动物窜入鸡场，饲养密度在每亩 100 只左右。

（2）正确选择鸡种　可选择有当地土鸡特征，又适合消费习惯的山地乌鸡或其他土鸡种苗，在引进脱瘟鸡苗时，要求严格按照免疫程序进行接种预防，这样可保证成活率高，不易发病。

（3）饲养管理要点　饲养管理中按常规育雏法育雏，育雏期喂配合饲料，不限量，自由采食。肉鸡和蛋鸡到育肥期后，适当补充米糠、玉米、稻谷等农家饲料，结合放养，采食园子里的杂草和虫子等。蛋鸡从 50 日龄开始进行限食，把日饲料量控制在 80～85 g/只左右，以防止脂肪积聚而影响产蛋量，120～130 日龄限食结束。鸡群一批出售后，最好进行一次山地翻耕，把鸡粪翻入土中，然后用生石灰或石灰乳泼洒消毒。再实行标准化饲养，按绿色、无公害产品的要求进行生产和管理。

（4）防疫　10 日龄和 30 日龄进行新城疫 L 系疫苗免疫，20 日龄进行鸡痘和法氏囊病的预防，60 日龄进行新城疫 I 系免疫，同时搞好 Q 病的预防，10 日龄左右一免，40 日龄左右二免。

（5）每周对鸡舍消毒，防好球虫病　做到定期驱虫，15～70 日龄各进行一次驱虫；适时阉割（45 日龄左右）。为了提高鸡的品质，应对雏公鸡进行阉割，应选择天气晴朗，雏鸡健康无病时阉割。

（6）草种的选择及果树管理　果树管理同单作果林。在果树行间种植有益草种，应选择以豆科牧草为主的草种，目前，果园内一般 2～3 种草混种，主要种植三叶草、紫花苜蓿等豆科作物。

2. 效益分析　出栏体重以 2.0～2.5kg 为宜，一年出栏两批，鸡成本 5 元/只，饲养成本 20 元/只，成活率 90%，出肥率 80%，出售价格 40 元/只，每只可获利 15 元。

苹果园内种草养鸡，充分利用果园及草地冗余生物资源，增加收益。果园生草创造了良好的果园耕作环境，割下来的青草当做绿肥进行树盘覆盖，地底下生长的草根，死亡后可补充土壤有机质，草根还能促进土壤空气流动，促进微生物繁殖和蚯蚓的繁殖，为鸡的养殖提供了饵料。苹果园生草可有效减轻高温为害及所导致的果树生理障碍，如苹果裂果病、黄叶病等；还能起到保持水土的作用。由于牧草发芽早，生长期长，有利于害虫的活动，牧草上的害虫也为鸡的生存提供了良好的食物来源。果园生态养鸡充分利用现有果

园，低密度饲养家禽，同以往专业饲养方式相比较，具有管理方便、饲养成本低、药物成本少（疾病少）、环境污染小、产品质量好的特点，既是符合绿色无公害食品要求发展的方向，又是农村、农民致富的重要途径之一。

（三）橘园种草

1. 技术要点　间作橘园的成效，在很大程度上取决于对作物的管理。根据调查和研究，在浙中红壤丘陵地区的橘园间作紫云英或黑麦草，应抓住适时拌肥播种、及时收割施肥和适时适量归还土壤3个管理技术要点。

对于金华地区红壤丘陵的橘园，紫云英和黑麦草的适宜播种期为9月上中旬。成龄橘园结合开沟施肥进行间作，以节省劳力；幼龄橘园结合中耕除草进行间作。播种时应用600～750kg/hm^2钙镁磷肥拌种，以促进牧草的生长。9月上中旬播种，能充分利用9月份较多的雨水加速出苗和生长，使紫云英在冬季到来之前有一定的地上部生长量和较发达的根系，以免在冬季，特别是冻融情况下死苗而使间作失败或产量不高；黑麦草则在1月份就可收割一次用作鱼饲料，且在冬季仍有较大的地上部生物量，在幼龄橘园可起到冬季保暖作用，牧草的产量也较高。

间作黑麦草的橘园，特别是幼龄橘园，应及时收割施肥，以免对幼橘树产生遮阳及过度影响春季的土壤升温。一般在黑麦草长至30～40cm时即应收割，每次收割后施尿素100～150kg/hm^2以提高黑麦草的产量。间作紫云英的橘园，应在4月初收割并翻埋。间作的牧草应有一定的生物量归还土壤并结合柑橘生产的要求适时翻埋。本文对成龄橘园间作紫云英的调查表明，紫云英以在4月初结合柑橘施肥翻埋为宜。由于橘园土壤通气状况好，归还量大、培肥效果好，且不会对橘树产生不良影响。间作黑麦草的橘园，也应尽可能增加其对土壤的归还量以提高培肥效果。

2. 效益分析　橘园间作黑麦草、紫云英等冬牧草具有提高光能利用率和在较高产量水平下维持较高的肥料养分效率的功能，并有利于促进农牧结合、提高农业生态系统的综合效益。间作还具有延缓秋冬土壤降温和春季土壤升温、减小土壤日温差幅度和冬季保温、降低水土流失量、改善土壤肥力等多种土壤生态效应，并影响橘树生长和柑橘产量的作用。间作的综合效益在很大程度上取决于对间作橘园的合理管理。

幼龄橘园间作黑麦草或黑麦草和紫云英混播，每公顷可收割黑麦草60～75t，比不间作橘园多固定173.220～216.525GJ太阳能，使间作期间的光能利用率提高0.82～1.02个百分点，或全年光能利用率提高0.36～0.45个百分点。间作的紫云英产量为11～32t/hm^2，每公顷比不间作橘园多固定26.895～75.120GJ太阳能，使间作期间的光能利用率提高0.13～0.35个百分点，或全年光能利用率提高0.06～0.16个百分点。可见，间作能大大提高光能利用率而使土地生产力提高。

此外，间作牧草用于生态场养鱼喂猪，促进了农牧结合，使养殖成本降低。成龄橘园间作紫云英，每公顷鲜草也能达到30t左右，折合能量71.550GJ，可比不间作橘园的光能利用率提高0.34个百分点（间作期间）或全年光能利用率提高0.15个百分点。此外，由于间作橘园的柑橘产量较不间作橘园提高46.68%，柑橘的光能利用率也比不间作橘园高得多。

从肥料的养分效率来看，间作橘园的N、K效率与不间作橘园相似，每千克N的产橘量分别为18.6kg和20.1kg；每千克K的产橘量分别为54.7kg和56.9kg；而P的效率高于不间作橘园，每千克P的产橘量分别为152.4kg和129.9kg。上述结果表明，成龄橘园间作紫云英，在柑橘高产水平下能维持较高的养分效率，还能提高土壤P的有效性。

幼龄橘园间作冬牧草，由于提高了植被覆盖率、特别是春季多雨期间的植被覆盖率，使得间作小区的土壤流失量明显小于不间作小区的流失量。观测表明，从1992年12月至1993年5月，间作小区的土壤流失量仅为对照小区的40.2%。其中，1994-06-16的数据表明，黑麦草收割后的残茬仍有控制水土流失的作用。因此，在易发生水土流失地区的幼龄橘园，应提倡间作黑麦草。

间作对成龄橘园的产量和品质也有较大的影响。1992年，间作橘园的柑橘产量比不间作橘园增产46.68%，单果重提高15.83%。间作橘园不但果大，而且果多。另一方面，间作橘园的果皮较薄，果皮重仅为单果重的28.52%；而不间作橘园柑橘的果皮占单果重的31.94%。因此，间作橘园的外观品质明显较不间作橘园的柑橘好。但是，间作橘园柑橘的糖度却低于不间作橘园，其原因有待于进一步研究

（四）果园种草养羊

1. 技术要点

（1）牧草管理　利用果园隙地间种柱花草、圆叶决明、羽叶决明和罗顿豆等豆科牧草，经人工翻耕平整地面并沿等高线开行，沟深15cm左右，行距为20cm左右。一般在4~5月份条播，用草种12~15kg/hm²。播种前注意晒种，种子处理视天气情况或灌溉条件而定。品种组合为：用柱花草与园叶决明按1：1的比例混播，利用4~5年后再轮换播种羽叶决明与罗顿豆，间轮生产；也可单播种柱花草，利用4~5年后再轮换播种园叶决明。这样可以换茬及增施基肥，充分利用土壤中的各种养分，提高牧草产量，防止病虫害的发生和连续为害，达到改善土壤结构和用地与养地相结合。一般豆科牧草种植于果园地面树冠滴水线之外。这些牧草当年建植，翌年即能有效抑制野杂草滥生。

柱花草、圆叶决明、羽叶决明和罗顿豆等牧草，在始花期、草高40~50cm时即行首次刈收利用，留茬高度3~5cm，以后草高30~40cm刈收，留茬高2~3cm，正常年景可刈收3~4次。经2005~2006年测产，柱花草和圆叶决明鲜草产量分别为50.7t/hm²和58.7t/hm²。在6~8月份可与野杂草、秸秆等混合调制青贮饲料，10月份调制青干草，11月份后停止割草。另外，可充分利用夏、秋和平常果树疏剪（荫枝、密生枝、细弱枝、竞争枝、交叉枝和病虫枝等）的枝叶，一般剪除鲜枝叶产量4.50~5.25t/hm²。

（2）山羊舍饲圈养技术

① 羊舍地址选择　一般在果园内或旁边选择地势高燥、向阳的缓坡，就近水源，便于兽医卫生防疫和看护果园及其生产管理的地方建造羊舍。有条件的配套建设沼气池。

② 羊舍的类型　羊舍建筑要根据养羊规模、性质来确定。一般分为吊楼单列式斜坡型羊舍和吊楼双列式平地型羊舍，采取砖瓦水泥结构。吊楼单列式斜坡型羊舍的建筑规格是：正面靠坎，背面吊脚，吊脚高1.3~1.5m，漏缝地板至屋顶高2.6~2.8m；正背面为立柱栅栏，并在立柱栏杆上部设横杆，便于贮备干草料；两侧墙宽5~6m，上半部为立柱

栅栏或全封闭；漏缝地板缝隙间距 1.5 ~ 2.0cm；立柱栅栏间隔距离为 8 ~ 10cm，高 1.2 ~ 1.3m。羊舍内设有饲槽、母子栏（产羔房）等。运动场按羊舍面积的 2 ~ 3 倍围建，内设水槽，围栏高 1.3 ~ 1.5m，场地一半硬化，另一半平整的黄泥地面，由内向外倾斜 2% ~ 3%。吊楼双列式平地型羊舍侧墙宽 8 ~ 9m，中间走道宽 1.5 ~ 1.8m，两侧为羊栏，羊栏外侧设门及其坡道通往运动场；羊舍两端设门及其上坡道，其他建筑规格与吊楼单列式斜坡型设计基本相似。

③ 山羊品种选择　经两年多观察，适宜广西百色右江河谷舍饲圈养的山羊有波尔山羊及其杂交种和隆林山羊等。据测定，隆林种公羊混群饲养，经产母羊年产 1.83 胎，产羔率为 199.72%，波尔山羊种公羊与本地羊混群饲养，经产母羊年产 1.57 胎，产羔率为 199.05%。

（3）科学饲养管理

① 分群饲养　舍饲圈养的山羊须按孕羊、哺乳与空怀母羊、育成羊和断奶羔羊等分群、分栏饲喂，让羊吃饱、吃好、休息好，自由进出运动场活动。

② 种公、母羊混群饲养　白天将种公羊与哺乳和空怀母羊放在一起饲喂，晚上隔离种公羊并单独饲喂，保证种公羊有良好的体质与活力，提高圈养山羊母羊群的发情、受胎和繁殖率。一般种公羊、母羊比例以 1∶20 ~ 30 为宜。

③ 饲草饲料多品种合理搭配，均衡供应　自由放牧时，山羊可以选择性地采食所喜欢或需要的牧草、树叶等，满足其自身生理和代谢的需要，而圈养靠人工投喂饲草料，喂什么吃什么。如果饲草料种类单一、营养不全面，就必然会引起某些元素、营养方面的缺乏，导致羊群消瘦或各种疾病的发生。舍饲圈养山羊，要合理搭配日粮，保证饲草饲料多样和搭配合理。因此，要求养羊户要充分利用各类秸秆、农副产品、野生杂草、树木枝叶等，并利用果园种植优良豆科牧草 2 种以上、利用荒地或农田种植（间套与轮作）优良禾本科牧草 3 种以上；在农作物秸秆及牧草生产旺季要尽量调制青贮、青干草料贮备，保证青粗饲料全年的均衡供给。

④ 补充混合精料和矿物质　山羊由放牧转为舍饲圈养，其饲草饲料来源种类以及营养元素有限，不能满足山羊生长发育的需要。因此，宜适量地补喂混合精料，尤其对羔羊的培育、母羊妊娠的中后期、泌乳期以及种公羊的配种期等，更应适量添加山羊专用浓缩料，并在羊舍内放置矿物质舔砖，以增加食欲，增强草料消化力，保证山羊营养全面、平衡，促进生长发育，预防疾病，提高出栏率。成年羊每天应补喂 0.15 ~ 0.25kg 混合精料，如用玉米粉、豆饼、米糠、木薯渣、食盐加矿物质和微量元素等或配以山羊专用浓缩料。

⑤ 定时定量，分餐投喂　传统放牧养羊，一般放牧 1 次/d，少数 2 次/d，常造成暴饮暴食，易引起消化疾患及草腹等。圈养山羊饲喂要定时定量，规律进餐，以增进食欲及消化吸收。按成羊每天喂青料（采收后晾干 4h 以上）约 3.5kg/只、粗料（秸秆、干草）1kg/只，分 3 ~ 4 餐投喂，每餐 1 ~ 1.5kg。青粗饲料喂量中以豆科约占 30%、禾本科约占 60%、其他科约占 10% 为宜，切成 2 ~ 3cm 的短草喂给；精料粉碎以压扁、碎为好，并按 1∶1 ~ 2 的比例与水拌和成半干状饲喂，先粗后精，自由饮用清洁水。变更饲料要从少到多，逐步过渡，一般在 3 ~ 5d 内完成。

⑥ 定期做好免疫注射、消毒卫生　百色右江河谷圈养山羊疾病主要有口蹄疫、痢疾、

传染性胸膜肺炎、结膜炎、羊口疮和疥螨病等，要定期做好免疫接种以及综合防治工作。每年3月和9月，各注射1次口蹄疫疫苗，大小羊一律肌肉注射1ml/只；各注射1次山羊三联四防疫苗，大小羊一律皮下或肌内注射5ml/只；每年注射1次传染性胸膜肺炎菌苗，6月龄以下皮下或肌肉注射3ml/只、6月龄以上5ml/只。每天清扫羊舍，清洗料槽、水槽，每周对料槽、水槽冲洗消毒1次，每季对羊舍地面、运动场、水沟等进行消毒，每年春、秋季各进行1轮驱虫，每年春、秋各进行1次药浴。

2. 效益分析 按照每户饲养基础母羊30只和种公羊1只，建羊舍$50m^2$、运动场$125m^2$的投入与收益测算，户均年直接经济收入为21 704.26元，间接经济收益约为10 485元。

（1）年总收入 肉羊出栏收入按1只隆林山羊母羊1年产1.83胎、产羔率199.72%计，年育成羔羊3.3只，每户育成羔羊99只。据饲养试验，饲养7个月出栏，体重25.75kg/只，每户出栏总重2 549.25kg，按2006年当地活羊市价11元/kg计，每户收入28 041.75元。

羊粪收入。据有关资料，1只成羊1年产粪约600kg，相当于3.3只育成羊的产粪量，即每户种羊及其育成羊1年产粪量约37.2t。据测算，1t羊粪=47kg硫酸铵+18.4kg过磷酸钙+17kg硫酸钾，参照2006年化肥市场售价计算，羊粪的价值约101.46元/t（花农收购150～200元/t），每户羊粪收入为3 774.31元/年。

（2）年总支出 牧草种植。每户需鲜草135.8t。按果园产鲜草$52.5t/hm^2$计，应种草$2.4hm^2$，草种和人工共投入约4 320元，草地利用4年后换茬，每年摊销1 080元。

购进种羊。共购进种羊31只，338元/只，共计10 478元。种羊利用5年后淘汰，每年摊销2 095.6元。

建造羊舍。羊舍建造按120元/m^2计，$50m^2$羊舍计6 000元；运动均按30元/m^2，$125m^2$运动均计3 750元，共计9 750元，按10年折旧，每年摊销975元。

建造食槽、水槽和草架等共650元，每年摊销65元。

精料费用。种羊每只每天耗精料0.15kg，精料按1.6元/kg计，31只羊每天共计花费7.44元，育成羊精料耗费相当于种羊，1年费用共计5 431.2元。

免疫、保健费。种羊1年费用为10元/只×31只=310元，育成羊耗费为种羊的一半，即为155元，共计花费465元。

其他费用。人工饲养费、水费开支与果园中耕除草劳力、保水肥土（固氮、改土）及提升水果品质等增值增效相抵消。

（3）总利润 由上可知，年总收入为31 816.06元，年总支出为10 111.8元，则总利润为21 704.26元。

（4）间接收入 水果新增收益。据试验，间种牧草果园一般增产12.5%左右。按2006年右江河谷芒果平均产量8 880kg/hm^2，间种牧草及施用山羊粪后可增产1 110 kg/hm^2，以平均收购价3.5元/kg计，收入增加3 885元/hm^2，$2.4hm^2$果园共新增收入9 324元。

节省化肥、液化气。按每户在果园或庭院建8～$10m^3$沼气池，羊粪经沼气池厌氧发酵产生沼气用于炊事、照明，沼液、沼渣用于果树、农作物等，羊粪重复利用，节约农田

（0.33～0.4hm^2）化肥和液化气（4 罐/年）；折合费用分别为 761 元和 400 元，1 年共节约 1 161 元。

（5）生态效益分析　果园种植豆科牧草能够固氮改土、涵养水肥。据有关资料，柱花草、圆叶决明等牧草具有耐瘠、耐酸土壤、抗逆性与固氮能力强等特点，种 1hm^2 草 1 年可固定空气中的 N 素 150kg（相当于 33kg 尿素）以上，能留在土壤中供其他作物利用。据研究表明，果园间套种圆叶决明后，土壤中（0～20cm）有机质提高 74%，速效 N 提高 79%，速效 P 提高 291%，速效 K 提高 213%；40～60cm 土层水分含量提高 4%～8.5%。柱花草、圆叶决明等牧草的根系密集发达，大多集中分布于 0～30cm 的表土层中，可有效拦截雨滴、减少地面径流，保持地表水土及遏制土壤侵蚀，同时能改善土壤理化性质，避免土壤板结。这些牧草枝叶茂密，当年即形成植被，能有效抑制其他杂草生长，尤其对低产果园改造和初建果园改良土壤、保持水土等生态效益更显著。

（6）社会效益分析　一是开拓养羊业发展新空间。从传统放牧养羊转向舍饲圈养，可减轻牧地压力，增加饲养量，促进山羊产业持续发展，能尽快地提高草食动物比例。目前百色市的柑橘、芒果、龙眼、桃李等果园总面积达 15.33 万 hm^2 以上，如以 5.3 万 hm^2 间套种草养羊，年可增加山羊饲养量 320 万只。二是能有效增加农民收入。果园间套种豆科牧草，以草养羊，以短养长，1hm^2 果园牧草 1 年可喂养 15 只母羊以及 45 只育成羊，纯收入 723.48 元/只，而且，经营规模可大可小，根据自己情况而定。羊粪能够满足 1hm^2 农作物或果园的肥料，既增加了果园的产出率，又使果园经营每年都有稳定的经济收入，规避了市场风险，促进了农业生态的良性循环。三是带动特色产业发展。羊粪是农家肥中肥分最浓，颗粒空隙丰富，透气性好，比较适合作蔬菜、花卉栽培的肥料，右江河谷盛产芒果、龙眼、番茄、四季豆、青椒和花卉等，利用羊粪施基肥，能增进水果甜度和口感，开花艳丽，且病虫害少，有效提高了果蔬产品的品质与产量。

本章参考文献

1. 蔡倩，杜国栋，吕德国 . 2010. 科尔沁沙地南部果－草（粮）间作模式对土壤微生物和酶的影响 . 干旱地区农业研究，(4)：217～222

2. 陈清西，廖镜思，郑国华等 . 1996. 果园生草对幼龄龙眼园土壤肥力和树体生长的影响 . 福建农业大学学报，(04)：429～432

3. 宫发珍 . 2008. 苹果园种草与养生态鸡结合模式好处多 . 中国果菜，(4)：30

4. 黄进说 . 2007. 百色右江河谷果园种草养羊技术与效益分析 . 现代农业科技，(22)：151～153

5. 惠竹梅，张振文，李华 . 2003. 葡萄园生草制的研究进展 . 陕西农业科学，(01)：22～25

6. 寇建村，杨文权，韩明玉等 . 2010. 我国果园生草研究进展 . 草业科学，27 (7)：154～159

7. 李国怀，章文才 . 1998. 果园生草栽培草种选择探讨 . 中国南方果树，(01)：47～48

8. 刘传和，陈杰忠 . 2005. 我国果园生草栽培研究概况（综述）. 亚热带植物科学，

(02)：76 ~ 80

9. 刘建军，周顺玉，廖书娟等 . 2011. 间作对茶园生态影响研究进展 . 信阳农业高等专科学校学报，(02)：109 ~ 110，118

10. 刘建泉，丁国民，马世贵 . 2 000. 梨园间作和覆草对梨树生长的影响 . 甘肃林业科技，(3)：50 ~ 52

11. 孙云南，梁名志，夏丽飞等 . 2011. 不同间作物对茶园土壤养分的影响 . 西南农业学报，(01)：149 ~ 153

12. 王齐瑞，谭晓风 . 2005. 果园生草栽培生理、生态效应研究进展 . 中南林学院学报，(04)：120 ~ 126

13. 王启亮，潘自舒，刘冠江 . 2004. 金顶谢花酥梨果草间作增效试验 . 河南农业科学，(9)：59 ~ 60

14. 吴建军，严力蛟，李全 . 1996. 橘园间作牧草的生态效益及其管理技术 . 农村生态环境，12 (2)：54 ~ 57

15. 杨桂英，张建强等 . 1999. 果园种草对土壤及果树的影响 . 山西农业大学学报：自然科学版，(4)：302 ~ 304

16. 张兆斌，宋礼毓，相昆 . 2007. 间作白三叶草和覆膜对甜樱桃园土壤温度变化的影响 . 落叶果树，(3)：7 ~ 9

17. 赵小弟，杨美丽，高彦斌等 . 2011. 渭北旱塬苹果幼树间作模式效益比较 . 西北园艺 (果树)，(02)：6 ~ 7

18. 周娟，朱建奎，牛孝峰 . 2007. 苹果园种草养羊效果试验小结 . 安徽农业科学，13 (8)：90

第四章　果药间作

第一节　果药间作的条件

一、适宜间作药用植物的果树及立地条件

（一）中国果树种植状况

据《2010 中国统计年鉴》（北京：中国统计出版社，2010）资料，第七次全国森林资源清查结果揭示，截至 2009 年，全国果园面积 114 万 hm^2。中国果树区（带）以中国自然地理特点及果树对生态条件的适应程度为依据可分为 8 个果树带，包括耐寒落叶果树带，干旱落叶果树带，温带落叶果树带，温带落叶、常绿果树混交带，亚热带常绿果树带，云贵高原落叶常绿果树混交带和青藏高原落叶果树带等。主要种植的品种也比较众多，其中，栽培最多的果树为苹果、梨、枣、柿、葡萄、杏、桃、板栗、山楂、核桃、柑橘、龙眼、荔枝、枇杷、橄榄、杨梅、菠萝、香蕉、番木瓜、芒果、树菠萝、黄皮、番荔枝和椰子等。

（二）适宜果药间作的立地条件

中国从北到南适应气候带的变化，分布有各种功能的果树。北方果树主要是苹果、桃、柿、梨和山楂等。而南方果树主要是柑橘、香蕉和槟榔等。实践中，在果树的林下、林间和林缘等环境中，都可开展果药间作。

（三）果药间作的原则

进行果药间作要遵循以下 5 个原则：第一，依托当地资源优势，因地制宜引进和种植适合当地生态条件的道地中药材；第二，根据不同果树与中药材的生物学特征，组成合理的田间结构。如选用的中药材品种要以耐阴性、浅根性为主；第三，配置比例要适当，坚持果树为主，优势互补的原则；第四，要加强田间管理，互促互利，控制矛盾，以确保双丰收。第五，注意不能互相传播病虫害，所种中药材不会是果树病虫害的中间寄主等。

（四）果药间作的品种选择

果药间作中药材的品种选择应掌握以下 5 个步骤。

1. 根据当地生态环境确定中药材种类 选定的中药材品种必须适应当地的土壤、气候条件，还要综合考虑海拔、朝向、土壤湿度等因素进行选择。根据生长环境选择中药材种类，首先选择的就是当地种类，尤其是道地种类，这类中药材在当地基本都能生存，而且容易形成规模生产，提高中药材的竞争力。其次，可以根据所处的纬度、海拔，选择同环境生存的中药材种类进行种植，降低种植风险。最后考虑种植区的土壤、灌溉条件、管理水平等进行引种中药材，退耕还林地土壤贫瘠、肥力差，易受旱、易发生草荒，在中药材种类和品种选择上应选用耐瘠薄、耐干旱，与杂草竞争能力强的粗生易长品种。如栝楼、柴胡、留兰香、金银花等；如果是低山潮湿的阴坡地、河滩地宜栽培耐阴耐湿的鱼腥草、绞股蓝等；高山阳坡地可种植耐寒喜阳的白芍、川芎等；如果是平原果区，可选择喜肥喜水高产的品种，如板蓝根、丹参等。如果是观光采摘为主的果园，可以种植具有观赏性较高的药食同源的中药材品种桔梗等。

2. 根据当地果树透光度确定中药材种类 充分考果树的透光度，主要根据果树树龄大小和行间距决定。树龄小时，可种植对光照条件要求高的如黄芩、板蓝根、桔梗、丹参、远志、留兰香等阳性药材品种；树龄较大时，应种植对光照条件要求不高、比较耐阴的品种，如半夏、天南星、黄连、黄精等阴生植物。

3. 根据当地果树树种确定中药材种类 根据果树对土壤酸碱度、根系分布、树冠大小等状况确定中药材种类。例如，板栗喜酸性土壤，就要种植耐酸的中药材，苹果、梨、桃、樱桃和核桃喜中性偏碱的土壤，就要种植适宜耐碱的中药材；再如柑橘、无花果等果树，树冠小，比较适宜种植喜光的中药材，但是桃的树冠比较大，比较适宜耐阴的中药材。

4. 根据前茬作物确定中药材种类 要注意药材品种是否能重茬。大多数药材种植后3~5年内不宜重茬，在种植过程中，要注意合理轮作。除了考虑中药材自身不能重茬外，也要考虑前茬种植的其他作物，例如，经常种植菜的农田，经常容易有病虫害，要根据中药材的抗病抗虫力进行选择。

5. 根据预期要求确定中药材种类 果树间作中药材具有增加经济收入和改善生态环境的作用，是一条生态保护和兼顾农民长期效益和近期效益的双赢途径。确定合理的果树间作中药材种类，要与自己的预期要求紧密结合，如果是为了增加经济收入，除了选择各方面适合的因素外，还要考虑种植中药材的投入、生长年限、市场行情等，如天南星、半夏等；如果是为了改善生态环境，可以选择地上部分生长旺盛、好管理、耐旱耐寒的种类，如黄芩、薄荷等；如果是为了美化环境，可以选择景观效果比较好的种类，如桔梗、射干、蒲公英等。

二、适宜间作的药用植物生活类型

（一）对温度的反应类型

根据植物对温度的要求不同，可分为耐寒植物、半耐寒植物、喜温植物和耐热植物。

1. 耐寒植物 一般能耐 -2 ~ -1℃的低温，短期内可以忍耐 -10 ~ -5℃低温。同化作用最旺盛的温度为15~20℃，或到了冬季地上部分枯死，地下部分越冬能耐0℃以下，

甚至到 -10℃低温的一类植物。如细辛、百合、平贝母、五味子、刺五加等。

2. 半耐寒植物 能耐短时间 -2 ~ -1℃的低温，在长江以南可以露地越冬，在华南各地冬季可以露地生长，最适同化作用温度为 17 ~23℃的一类植物。如菘蓝、黄连、枸杞、知母等。

3. 喜温植物 种子萌发、幼苗生长、开花结果都要求较高的温度，同化作用最适温度为 20 ~30℃，花期气温低于 10 ~15℃则授粉不良或落花落果的一类植物。如曼陀罗、颠茄、川芎、金银花等。

4. 耐热植物 生长发育要求温度较高，同化作用温度多在 30℃左右，个别可在 40℃下正常生长的一类植物。如丝瓜、罗汉果、刀豆、冬瓜、南瓜等。

（二）对光照的反应类型

根据植物种间对光照强度表现出的适应性差异，可以把植物分为阳生植物、阴生植物和中间性植物。

1. 阳生植物 是在有充足的直射阳光的环境中才能生长健壮和繁殖，它们需要光的最下限度量是全光照的 10% ~20%，光饱和点在全光照的 40% ~50% 以上，光补偿点为全光照的 3% ~5%，在荫蔽和弱光条件下生长发育不良或死亡的植物。该类植物光补偿点和饱和点均较高，光合作用和呼吸速率也较高，多生长在旷野、路边、向阳坡地等光照条件好的地方。如蒲公英、甘草、枸杞、山药、地黄、薄荷、知母等。

2. 阴生植物 是适宜生长在荫蔽的环境中，光饱和点在全光照的 50% 以下，一般为全光照的 10% ~30%，光补偿点为全光照的 1% 左右（多数不足 1%），在较弱光照条件下比在强光下生长良好的植物。但阴生植物对光照的要求也不是越弱越好，当光照度低于它们的补偿点时，也不能生长。该类植物光补偿点和饱和点均较低，光合作用和呼吸速率也较低，如暴露在全光照下，会被晒伤或晒死，因此，多生长在潮湿背阳的地方或密林内。如黄连、细辛、天南星、淫羊藿、半夏、鱼腥草、刺五加等。

3. 中间性植物 是介于以上两类植物之间，尤其是成熟植株在全光照条件下生长最好，但也能忍受适度的荫蔽或是在生育期间需要适度遮阳的植物。它们既能在阳地生长，也能在较阴的地方生长，只是不同的植物种类其耐阴性不同而已。如桔梗、黄精、党参、款冬、紫花地丁、大叶柴胡等。

（三）对水分依赖程度的类型

水分既是植物体的组成成分，又是影响植物生长发育的重要生态因子。根据环境中水的多少和显花植物对水的依赖程度，可以把显花植物划分为水生、陆生植物两大类。

1. 水生植物 生长在水中的植物统称为水生植物。此类植物根系不发达，根的吸收能力很弱，输导组织简单，但通气组织发达。水生植物的类型很多，根据所生长环境内水的深浅不同，可以划分为沉水植物、浮水植物和挺水植物。

（1）沉水植物 整个植物体沉没在水下，与大气完全隔绝。如苦草、菹草、马来眼子菜等。沉水植物是典型的水生植物，表皮细胞不具角质层、蜡质层，能直接吸收水分、矿质营养和水中的气体，这些表皮细胞逐步取代根的机能，因此，根逐渐退化甚至消失。

（2）浮水植物　浮水植物的叶片都漂浮在水面。根据浮水植物在水下扎根与否又可划分为两类：完全飘浮植物，如浮萍、凤眼莲、无根萍等；水下扎根植物，如睡莲、芡实、萍蓬草属、莼菜属等。

（3）挺水植物　植物根和根状茎在水下土壤中，茎、叶露出水上。如泽泻、水菖蒲、莲、香蒲、芦苇等。挺水植物的根和根状茎通气道发达，茎叶角质层厚。挺水植物有充足的水分供应，光合作用器官暴露在空气中，既接受到充足的光照，又有丰富的 CO_2 供给，具有较高的生产率。

2. 陆生植物　在陆地上生长的植物统称为陆生植物。包括湿生植物、中生植物、旱生植物 3 种类型。

（1）湿生植物　在潮湿环境中生长，不能忍受较长时间的水分不足，抗旱能力最小的陆生植物。多生长在沼泽、河滩、山谷等地。水分缺乏将影响湿生植物生长发育以致萎蔫。由于适应水分充沛的环境，蒸腾强度大，叶片两面均有气孔分布。

（2）中生植物　是比较适应生长在中等水湿条件，不能忍受过干或过湿条件的植物。如芍药、菘蓝、桔梗、白芷、前胡、菊花、牛蒡、苍术、地黄、浙贝母、延胡索等。中生植物不仅适应中等湿度的水湿条件，同时，也要求有适度的营养、通气、温度条件，是种类最多、分布最广、数量最大的陆生植物。

（3）旱生植物　是指在干旱环境中生长，能忍受较长时间干旱而仍能维持水分平衡和正常生长发育的一类植物。在干热的草原和荒漠地区，旱生植物的种类特别丰富。根据旱生植物的形态结构、生理特征和抗旱方式，可以进一步区分为短命植物、少浆汁植物和多浆汁植物。

第二节　一些种类果药间作模式

一、板蓝根 *Isatis indigotica* Fortune 栽培

（一）立地条件

板蓝根适应性较强，具有喜光、怕积水、喜肥的特性，宜选平地或向阳缓坡地；对自然环境和土壤要求不严，耐严寒，冷暖地区一般土壤都能种植。适宜幼林间作或林缘平播。

（二）药用植物分类特征

板蓝根为十字花科二年生植物菘蓝的干燥根。选用《中华人民共和国药典》正式收载的菘蓝和欧洲菘蓝。主产于安徽、甘肃、山西、河北、陕西、内蒙古、江苏、黑龙江等省、自治区，大部分是栽培。

（三）栽培技术

1. 整地　因板蓝根的主根能伸入土中 50cm 左右，前作物收获后及时翻耕，秋耕越深

越好，深耕细耙可以促使主根生长顺直，光滑，不分杈。每亩基施农家基肥3 000～4 000 kg，把基肥撒匀，深耕细耙整地做畦。

2. 繁殖方式　生产上采用种子繁殖。根据需要，对种子采用浸种、拌种处理。播前对种子进行清水浸泡12～24h。为了播种均匀，把经浸泡的种子捞出晾至种子表面无水时，掺拌适量细沙或细土拌种。北京地区春播的适宜播种期为4月中旬至5月上旬，秋播可在8月下旬播种。春播时，土壤5～10cm的温度要稳定达到12℃以上，幼苗出土的土壤相对含水量为60%～80%。

播种方式采用条播、撒播和穴播均可，生产中，一般采用条播。采用30cm行距，播深为3～5cm，土质黏重的土壤2～3cm，沙土3.5～5cm为宜。为了保墒，播种后最好要镇压。菘蓝每亩播种1～2kg，欧洲菘蓝每亩播种0.6～1kg。

3. 田间管理

（1）间苗定苗　在板蓝根株高4～7cm时，按株距6～7cm定苗，同时，进行除草、松土。定苗后视植株生长情况，进行浇水和追肥。

（2）除草　播种后，杂草与板兰根的幼苗同时生长，应抓紧时间及时进行松土除草。由于目前没有适宜板栏根的除草剂，所以，除草采用人工方法进行。条播者于苗高3cm时，在行间用锄浅松土，并锄掉行间杂草，苗间杂草用手拔掉。当幼苗冠幅封住畦面后，只除草，不松土，直至秋季枯萎。

（3）水肥管理　板蓝根生长前期一般宜干不宜湿，以促使根部下扎。生长后期适当保持土壤湿润，以促进养分吸收。一般5月下旬至6月上旬每亩追施硫酸铵40～50kg，过磷酸钙7.5～15kg，混合撒入行间。水肥充足叶片才能长得茂盛，生长良好的板蓝根可在6月下旬和8月中下旬采收2次叶片。为保证根部生长，每次采叶后，应进行追肥浇水。

4. 病虫害防治

（1）霜霉病　田间植株发病后，在适宜的环境条件（主要是温度、湿度）下，于病部不断产生孢子囊，通过气流传播，造成重复侵染。发病叶片在叶面出现边缘不甚明显的黄白色病斑，逐渐扩大，并受叶脉所限，变成多角形或不规则形。湿度大时，病情发展迅速，霉菌集中在叶背，有时叶面也有。后期病斑扩大变成褐色，叶色变黄，叶片干枯死亡。本病在气温13～15℃、相对湿度90%以上的条件下，病情发展极为迅速。凡栽培管理差，水肥不足，中耕除草不及时以及连作的地块，发病都比较严重。病害流行期用1∶1∶（200～300）的波尔多液或用65%代森锌600倍液喷雾。

（2）根腐病　土壤带菌为重要侵染来源。5月中下旬开始发生，6～7月为盛期。田间湿度大和气温高是病害发生的主要因素。若土壤湿度大，排水不良，气温在20～25℃时，有利发病，高坡地发病轻。耕作不善及地下害虫为害，造成根系伤口，可促使病害感染，引起发病。发病期喷洒50%甲基托布津800～1 000倍液。

（3）菜粉蝶　俗称菜青虫、白蝴蝶、青条子。防治方法上，结合积肥，处理田间残枝落叶及杂草，集中沤肥或烧毁，以杀死幼虫和蛹。冬季清除越冬蛹。药剂防治掌握在幼虫3龄以前施药。用50%马拉硫磷乳油500～600倍液，注意用量要少。

5. 留种技术　当年不挖根，任其自然越冬，翌年6月份收籽。当角果的果皮变黄后，选晴天割下茎秆运回晒场进行晾晒，待果实干燥后进行脱粒，清除杂质，装袋贮藏在阴

冷、干燥、通风的室内备用。

6. 采收和初加工

（1）收叶　春播收叶2~3次，产品为大青叶。第一次在6月中旬；第二次在8月下旬；第三次结合收根先割地上部，选择合格叶片入药。收叶最好选晴天，连续几天晴天进行采收有利于植株重新生长，又有利于割下的叶片晾晒，以获得高质量的大青叶。具体方法是，用镰刀在离地面2~3cm处割下叶片，这样既不损伤芦头，又可获得较大产量。

（2）收根　在板兰根停止生长，地上部叶片枯萎前、叶片尚保持青绿状态时，选择晴天进行挖收。

（3）初加工　去净泥土，晒至七八成干，扎成小捆，再晒干透。

（四）市场行情

板蓝根为家种药材，20世纪90年代初价格较低，由1990年初的2.6元/kg左右上升至1991年底的4.4元/kg左右，1992年5月升至6元/kg。由于产区扩大，1993年10月回落至1.6元/kg。1994年多在2元/kg左右运行。1995年12月升至3.4元/kg，1996年底升至5元/kg，1997年价格也在5元/kg左右徘徊。1998年价格上涨到10元/kg，但产新后价格回落到5元/kg。1999~2002年价格一直稳定在2~4元/kg。2003年由于“非典”，曾一度达到11元/kg，2004年回落至3元/kg，2006年至2008年板蓝根价格稳定在5元/kg。2009年受“甲流”的影响，价格不断上升，11月份升至15元/kg，12月份升至27.5元/kg。板蓝根年需求量20 000t，虽然种植有限，但“甲流”期间消耗较大，预计今后的价格将会出现先高后低的走势。

二、决明子 *Cassia tora* Linn. 栽培

（一）立地条件

草决明喜温暖湿润、通风透光的生长环境。不耐寒冷，怕霜冻，耐旱、耐涝，与其他豆类作物无异，不占好地，多生于山坡、林边等处。宜选平地或向阳缓坡地。适宜幼林间作或林缘平播。

（二）药用植物分类特征

草决明（小决明）*Cassia tora* Linn. 也写作 *Cassia obtusifolia* L.，是载入国家药典的豆科决明属药用一年生草本植物，其干燥种子入药称决明子。分布于辽宁、河北、河南、山西、陕西、山东以及长江以南各地。

（三）栽培技术

1. 整地　冬季深翻土地，结合整地每亩施腐熟有机肥1 500~2 000kg，做平畦。

2. 繁殖方式　决明子一般采用种子繁殖，春天直播，可穴播或条播。穴播株行距35cm，每穴播种3~4粒，覆土1.5~2cm，镇压。条播行距50cm，开沟深5cm，将种子均匀播于沟内覆土镇压，保持土壤湿润。7~10d就可出苗。每亩用种量1~1.2kg。

3. 田间管理

（1）间苗、定苗和补苗　条播的，苗高5～7cm时进行间苗，拔去过密弱苗。苗高15cm时，按株距30～40cm定苗；对于穴播苗，每穴留苗2株，遇缺株及时补栽。要做到苗全、苗齐、苗壮，有利丰产。

（2）中耕除草和追肥　出苗至植株封行前，进行中耕除草和追肥3次。第一次结合间苗，中耕除草后，每亩追施腐熟鸡粪水1 000kg；第二次于分枝初期，每亩施鸡粪水1 500kg，加过磷酸钙25kg，促使多分枝，多开花结果；第三次在植株未封行前，同样施入粪水2 000kg，加过磷酸钙30kg，以促进果实发育充实，籽粒饱满。苗高40cm左右进行培土，以防倒伏。打掉底叶，以利通风受光，增加籽粒的饱满度，从而达到高产、稳产的目的。

4. 病虫害防治　草决明病害较少，积水易引起根部腐烂、叶片变黄枯萎，影响产量。所以应及时排除田间积水，发病初期用50%甲基托布津800倍液喷洒茎基部。虫害有黄凤蝶、蚜虫、菜青虫等，可用一遍净、菊脂类农药叶面喷洒防治。

5. 采收和初加工　于当年秋季9～10月，当荚果由青转黄褐色时，选晴天早晨露水未干时分批采收，最后割下全株，晒干，打下种子，除去杂质，再将种子晒干。一般亩产干品150～200kg。质量以干、籽粒饱满、色棕褐、有光泽者为佳。

（四）市场行情

草决明在20世纪80年代开始有人家种。90年代末，河南、四川出现千亩以上的种植大户。由于信息把握不准，产大于需，2000年产新（有报道产量达4 500t）后，草决明市价跌至每千克1.3～1.4元低谷。农户种植积极性受挫，此后种植面积大幅缩减。2003年市价回升至2.8～3.5元；2005年在3.5元之后继续趋升，有商人见机扩大种植面积，10月份产新后价由4.2元跌至3.2元，后来又缓慢回升至4元左右；此后多年行情虽然升升降降，但一般都在每千克4～4.5元运行，变化基本不是很大。目前，市场很多药材都处于高价，而需求量庞大且产量较低的草决明却价格一直低迷，让人迷惑不解。业内人士坦言，随该品库存渐渐转薄，其行情将有所转折，后市仍有活力。

三、远志 *Polygala tenuifolia* Willd. 栽培

（一）立地条件

远志喜凉爽气候，耐高温，耐寒，－40℃能安全越冬；抗旱，4个月无雨，能安全度夏。在高燥、向阳、中性土壤中生长良好，忌水涝，适宜幼龄果树间作或林缘平播。对土质要求不严，一般土地均可种植。宜选向阳、地热高燥、排水良好的沙质壤土地块，黏土和低湿地不宜种植。

（二）药用植物分类特征

远志为远志科远志属植物。据《中华人民共和国药典》收载，有远志和卵叶远志。远志别名小草、细草、小鸡腿、小鸡根、细叶远志等。主要分布在东北、华北、西北和四

川等地，生于海拔460～2 300m的草原、山坡和草地上。卵叶远志又名西伯利亚远志、宽叶远志、甜远志、大远志和阔叶远志等。主要分布于东北、华北、西北、华中和西南地区，生于海拔1 100～3 300m的山坡草地。

（三）栽培技术

1. 整地 选地后，要在选好地上进行翻耕、镇压、平整、做垄做畦等耕作。每亩施过磷酸钙100kg，磷酸钾30kg，复合肥50kg，腐熟土杂肥3 000kg。耕翻25～30cm，整平耙细，做成1m宽的平畦，以便于排灌。远志属于耐阴作物，多与幼树果园套种，这样在7～8月份远志生长的幼苗阶段果树可以对远志进行遮阳，避免强光直射，使远志幼苗生长受到抑制。

2. 繁殖方式 远志一般采用种子直播。因远志种子寿命短，一般保存期不超过1年，播种前可采用30℃温水进行浸种4h后，与草木灰细沙拌匀进行播种。种子发芽最适温度是25℃，所以播种不宜过早，以雨季播种为宜。播种时，在整好的平畦上，按行距20～30cm开约2cm浅沟，条播，把种子均匀撒于沟内，或按行距20cm，株距15cm，开穴点播，每穴播种子4～5粒，播后盖约1cm厚薄土，稍加镇压，并盖草，浇水。如不盖草，最好在播种沟内盖1.5cm厚的细沙，更应常浇水，保持土壤湿润，播种后约15d开始出苗，每亩用种量750～1 000g。

3. 田间管理

（1）间苗补苗 苗高3～5cm时，按株距3～6cm进行间苗，缺苗的地方及时补苗。

（2）中耕除草 远志小苗出土后，田间管理较为麻烦。此时气温较高，利于杂草丛生，远志植株又较矮小，这期间必须勤除草松土，以免草比苗高而欺苗。播后当年需除草2～3次，以远志田间无杂草为准。翌年田间管理类似第一年，及时中耕除草。

（3）浇水施肥 远志性喜干燥，除种子萌发期和幼苗期需适量浇水外，在生长后期一般不需经常浇水。在每年的冬春季以及4～5月间各追肥1次，以磷肥为主，每亩可施过磷酸钙20kg。每年的6月中旬至7月中旬，每亩喷1%硫酸钾50～60kg或0.3%的磷酸二氢钾80～100kg，每隔10d喷1次，连喷2～3次，喷施在17时以后为佳。喷钾肥可增强远志的抗病能力，促进根部生长和膨大，进一步提高根部产量。

4. 病虫害防治

（1）根腐病 使远志烂根，植株枯萎。在防治方法上，应加强田间管理，及早拔除病株，烧毁，病穴用10%石灰水消毒。发病初期喷50%多菌灵1 000倍液，7d喷1次，连续喷2～3次。

（2）叶枯病 高温季节易发生，为害叶片。可用代森锰锌800～1 000倍液或瑞毒霉素800倍液叶面喷洒1～2次。

（3）蚜虫 用40%抗蚜威2 000倍液喷杀，10d喷1次，连续喷2～3次。

（4）豆元青 用敌杀死喷杀，连喷2次，间隔5～7d。

5. 采收及初加工

（1）采收 生长2～3年后，于10月中旬采挖，将鲜根条放在阴凉通风处，堆放两天即可加工。

（2）初加工　将采收的远志根，去掉地上部分，将新鲜根上的泥土和杂质抖去，趁水分未干时，把粗的根条趁鲜用木棒敲打，使之松软，晒至皮部稍皱缩时，用手揉戳，抽去木心，再晒干即可。或将皮剖开，除去木心。将抽去木心、皮部直径超过 0.3cm 的，加工成远志筒；直径小于 0.3cm 的及敲碎的碎根皮为远志肉；最细的不去木心的，直接晒干的称远志棍。

（四）市场行情

20 世纪 90 年代远志以野生资源为主，内外皆有需求。90 年代初随着资源的开发，价格逐年上涨，到 2000 年产新后，价格升至 32 元/kg。较高价位使山西等地区开始发展家种，2002 ~ 2004 年价格稳定在 28 元/kg 左右。2005 年后，市场和出口需求加大，野生资源稀少，家种面积也难以扩大，价格由 20 元/kg 升至 55 元/kg 左右。2006 ~ 2007 年价格继续高位运行。经过几年家种，2008 年产新后价格由 45 元/kg 降至 2009 年的 30 元/kg 左右。2009 年以来价格回升，12 月升至 38 元/kg。该品种销量 3 000t 左右，目前价位不高，后市价格还有上涨空间。

四、防风 *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. 栽培

（一）立地条件

防风适应性较强，喜温暖、凉爽的气候条件。耐寒、耐旱，怕高湿，忌雨涝。夏季持续高温，容易引起枯黄，太潮湿的地方生长不良。喜生于草原、山坡和林地边，适生于土层深厚、土质疏松、肥沃、排水良好的沙质壤土。防风是深根性植物，主根长 50 ~ 60cm，在黏土地种植的防风，根极短、分叉多、质量差。防风喜阳，适宜与幼龄的果树间作，不适宜于密闭度较大的果树间作；适宜的果树树种比较多，如苹果树、梨树、杏树、樱桃树和核桃树等。

（二）药用植物分类特征

防风属伞形科防风属，多年生植物。只有防风 *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. 这 1 个物种，是单种属植物，也是载入国家药典的正品“关防风”。在中国北方及长江流域均可栽培。主产于黑龙江、吉林、河北、内蒙古及辽宁等地，其中，黑龙江产量最大，一般也认为质量最佳。

（三）栽培技术

1. 整地　整地时需施足基肥，每亩用厩肥 3 000 ~ 4 000kg、过磷酸钙 15 ~ 20kg。深耕 20 ~ 30cm，细耙。在中国北方可做成 1.3 ~ 1.7m 宽的平畦，在南方多雨地区可做成宽 1.3m、沟深 25cm 的高畦。

2. 繁殖方式　防风的繁殖方式有种子繁殖和分根繁殖，生产中，以种子繁殖为主。

（1）种子繁殖　防风种子在 15 ~ 25℃ 均可萌发，新鲜种子发芽率在 75% ~ 80%，贮藏 1 年以上的种子发芽率显著降低，故生产上以新鲜种子作种为好。

① 播种时间　春播时间，长江流域在3月下旬至4月中旬，华北地区在4月上中旬；秋播时间，长江流域在9～10月，华北地区在地冻前播种，翌年春季出苗。秋播比春播好，秋播产的防风粗壮、粉性大。

② 浸种　播种前将种子用温水浸泡1d，捞出后保持一定湿度，待种子开始萌动时播种。

③ 开沟条播　每亩用种量2kg。按行距30cm，顺畦开1～1.5cm的浅沟，将种子均匀撒入沟内，覆土，稍加镇压，浇水。温度在25～28℃，保持土壤湿润，20d前后即可出苗。

（2）分根繁殖　在防风收获时，选取二年生以上、生长健壮、粗0.7cm以上、无病虫害的根条，截成3～5cm长的小段作种。按行距50cm、株距10～15cm开穴栽种。穴深6～7cm，每穴栽1个根段，栽后覆土3～5cm厚，或于冬季将种根按10cm×15cm的行、株距育苗，待翌年早春有1～2片叶时定植。定植时，应注意剔除未萌芽的种根。每亩用种根量约50kg。

3. 田间管理

（1）定苗　苗高6cm时，按株距5cm间苗，待苗高10cm时，按株距15cm定苗。拔除小苗、弱苗和病苗。若苗情太差，可结合追肥浇水，保持土壤湿润。

（2）除草　出苗后松土除草不宜太深，随着幼苗长高，中耕可加深。结合间苗进行除草，6月进行多次除草，8月以后根部生长以增粗为主，此时，植株已封行，应停止中耕除草。翌年中耕2～3次，当植株高30cm左右时，先摘除老叶，后培土壅根，以防其倒伏。入冬时，结合清理田间杂草、老叶，再次培土。

（3）肥水　防风生长的前期，以地上部茎叶生长为主，根部生长缓慢。当植株进入生长旺季，根部生长加快、以增长增粗为主。所以，进入8月份应适当追施促进根部生长的磷钾肥，以利根部的生长发育。一般施肥3次。第一次在间苗时，每亩施稀人粪尿1 000kg，轻浇于行间。第二次于定苗后，每亩施尿素10～15kg。第三次于8月下旬，每亩施过磷酸钙25kg。在播种或栽种后到出苗前，应保持土壤湿润。防风抗旱能力强，不需浇灌。雨季要及时排水，以防积水烂根。

（4）除花蕾　防风一般种植2年就有部分植株抽薹开花。开花后根部木质化，失去其药用价值，在6～7月抽薹开花时，除留种外，发现花薹时，应及时将其摘除。

4. 病虫害防治

（1）白粉病　该病多发生于夏、秋季，主要为害叶片。防治方法是注意通风透光，增施P、K肥。发病时用50%甲基托布津800～1 000倍液喷雾防治。

（2）根腐病　该病多发生于高温多雨季节，主要为害根部。防治方法，一是在发病初期，及时拔除病株，并撒石灰粉消毒病穴。二是及时排除田间积水。三是在地势低洼处进行起垄种植。

（3）斑枯病　又名叶斑病，主要为害叶片。在发病初期，摘除病叶，喷洒1∶1∶100的波尔多液1～2次。收获后，清除病残组织，并将其集中烧毁。

（4）黄凤蝶　该虫为害多发生在5月。幼虫主要咬食叶片和花蕾。在害虫幼龄期喷施90%晶体药剂800倍液或进行人工捕杀。

（5）黄翅茴香螟 该虫为害多发生于现蕾开花期。幼虫在花蕾上结网，取食花和果实。在早晨或傍晚用90%晶体药剂800倍液或用Bt乳剂300倍液喷雾防治。

（6）胡萝卜微管蚜 该虫为害多发生于5～6月，主要为害防风的嫩梢。在虫害发生期喷50%杀螟松1 000～2 000倍液，每7～10d喷1次，连喷数次。

5. 留种技术 防风播种后当年不开花结实。秋季选无病害、粗壮的根作秧栽种。翌年注意增施P肥，促其开花、结实。8～9月份，待种子成熟后割下茎枝，放阴凉处，后熟5～7d，然后脱粒，晾干贮藏备用。晾干后也要放在阴凉处保存，注意采收成熟的种子，否则，发芽率很低或不发芽。新鲜种子发芽率50%～75%，存放2年的种子，发芽率低，甚至不能作种子。也可在收获时选取粗0.7cm以上的根条作种根，边收边栽，也可在原地假值，等翌年春季移栽、定植用。

6. 采收和初加工

（1）采收 冬季在10月下旬至11月中旬或春季在萌芽前采收。用种子繁殖的防风，翌年就可收获。春季分根繁殖的防风，在水肥充足、生长茂盛的条件下，当根长30cm、粗1.5cm以上时，当年即可采收。秋播的于翌年10～11月采收。采收时须从畦一端开深沟，按顺序挖掘，根挖出后除去残留茎和泥土。每亩可收干货150～300kg。

（2）初加工 将挖出的防风去掉须根及小侧根，晒干即可。

（四）市场行情

20世纪80年代防风以野生为主，价格逐步上涨。90年代野生变家种发展成功，价格在3～12元/kg间浮动。2003年“非典”期间，家种货随野生货价格暴涨，最高达到20元/kg以上。2004年价格跌至9.5元/kg，2005年4月跌至7元/kg后走稳。在药材市场整体回暖，野生品价格走高，家种货库存消化的背景下，家种防风价格回升，2006年10月升至11元/kg，2007年7月升至14元/kg。较好的价格致使家种面积逐步恢复和扩大，2007年产新后，价格回落至12元/kg，2008年10月落至10元/kg，2009年初跌至5～5.5元/kg。2009年下半年受流感疫情的影响，价格不断上涨，12月升至18元/kg。该品种年需求量3 000t，后市价格仍处于走好的趋势之中。

五、薄荷 *Mentha haplocalyx* Briq. 栽培

（一）立地条件

薄荷一般喜阳光充足、温暖、湿润的环境，耐热、耐寒能力强，温度在30℃以上时仍能正常生长，在－30～－20℃的低温下，地下根茎仍能存活。喜潮湿，但怕涝，一般田间持水量在75%较有利于生长。对土壤要求不严，一般土壤均适合生长，尤其是沙壤土、壤土更适合生长。土壤盐碱过大，可导致植株矮小，生长缓慢，影响产量。土壤pH值以6.5～7.5为宜。薄荷适宜与幼龄的果树间作，不适宜与密闭度较大的果树间作。

（二）药用植物分类特征

薄荷属唇形科薄荷属，多年生草本植物。薄荷分大叶和小叶两个类型。一般应选择大

叶类型，其适应性强，生长快，茎秆含油量高，品质好。全国各地普遍分布。主产河南、江苏、安徽和江西等地。

（三）栽培技术

1. 整地 种植前每亩施腐熟有机肥2 000～2 500kg作基肥，深翻土地，耙平整细，开沟做畦，畦宽连沟1.5m。定植时要按行株距50cm×35cm栽植，每穴1株。

2. 繁殖方式 由于种子繁殖变异较大，生产上一般采用根茎繁殖和分枝繁殖两种方式。

北京地区采用根茎繁殖法，在4月初将地下根茎挖出，选健壮无病虫的新鲜根，切成5～8cm的根段，按（60cm+40cm）×10cm的宽窄行，摆在已开好的播种沟内，然后覆土。大田需种根量为80～100kg/亩。

3. 田间管理

（1）除草　苗期气温较低，必须在封行前（苗高15～20cm）松土除草1～2次。松土时靠近植株处浅松，行间可深些，雨后土壤板结及时松土。在收割前还应人工除杂草1次，以免收割时混入，影响精油的质量。也可采用化学除草，一是苗前封闭处理（未出苗和杂草未出土之前）每亩施用25%敌草隆WP（可湿性粉剂，下同）200g，或25%绿麦隆WP200g、80%伏草隆100g、果尔24%EC（乳油，下同）66ml、25%敌草隆WP125g+25%绿麦隆WP150g、25%绿麦隆WP100g +克无踪20%AS（水剂，下同）100ml。此方法一般头茬不需用，在二茬上施用，二茬施用是在头茬收割后3d之内。二是苗后茎叶处理（苗龄五叶期以上，杂草草龄六叶期以下之时），亩施用精禾草克5%EC或高效盖草能10.8%EC60ml，或25%灭草松AS300ml或排草丹48%AS150ml、25%敌草隆WP200g、25%绿麦隆WP100g +48%排草丹AS100ml。此方法施用后，对薄荷有轻微伤害，但6d后生长恢复正常。

（2）施肥　在整个生育期追肥1～2次。当株高10cm时，可施提苗肥，亩施尿素5～8kg；第二次施肥可根据长势，在6月上中旬每亩施磷肥3kg、尿素5kg，以促进薄荷健秆增油，提高产量。

4. 病虫害防治 常见有菌核病。

（1）病原　病原为核盘菌［*Sclerotinias clerotiorum*（Lib.）de Bary］属子囊菌亚门核盘菌属真菌，无性世代属丝核菌属（Rhizoctonia sp.）菌丝无色，直角或锐角分枝，近分枝处有缢缩和分隔；初分枝菌丝呈棒状，无分隔，缢缩不明显。田间病叶上产生的菌丝为蚕丝状属初期菌丝，细胞较长，分枝少。菌核半球形或不规则形，直径小的约1mm左右，大的可达3.5mm左右，一般为1.5mm左右。初期表面乳白色，继之褐色至深褐色，表面粗糙。

植株下部叶片首先发病，叶片上出现不规则水渍状暗绿色或黄褐色或深褐色病斑。3～4d后，湿度大时，在病斑上可看到不明显的轮纹，上面布满蚕丝状灰白色霉层（菌丝），病叶变黑褐色腐烂；湿度小时，在病斑上未见到轮纹，上面布有白色霉点（菌丝），病叶发黄萎蔫萎缩。7～10d后，环境不适则茎秆表皮破裂萎缩，上部叶凋萎发黄色，中下部叶黑褐色萎谢；环境适宜则病叶腐烂发黑脱落成光秆，茎秆发黑枯死。

（2）农业防治措施

① 降湿灭渍开墒挖沟　可降低地下水位，墒墒通沟、沟沟通河，排水畅通，雨止田干，减轻湿度消灭渍害，创造一个有利于作物生长而不利于病害发生的环境。一个田块，两头出水，三沟配套，四面脱空。墒沟间距2.4m，腰沟间隔30m，田块沟间距离50m。头茬和二茬薄荷出苗后，均要及时进行清沟埋墒。

② 科学施肥控制N肥，增施P、K肥　可协调植株体内N、P、K比例，增强抗病能力。基肥以有机肥料为主，化学肥料为辅；化学肥料以P、K肥为主，N肥为辅；追肥以化学肥料为主，有机肥料为辅；化学肥料以N肥为主、P、K肥为辅。N、P、K比例为1∶0.65∶0.15。

③ 轮作换茬　实行连年换茬，最好水旱轮作，以减少菌源。

在苏北东台地区大致有两种轮作方式：一是一年两熟制。第一年夏熟为麦子或油菜，秋熟为水稻、玉米、大豆；第二年夏熟是薄荷，秋熟是薄荷或赤豆、菊苣、蔬菜等。二是两年五熟制。第一年夏熟为大麦或蚕豆，早秋熟为玉米，晚秋熟为赤豆、菊苣、胡萝卜等；第二年夏熟是薄荷，秋熟是薄荷或菜豆、菊苣、蔬菜等。

④ 合理密植　薄荷分枝力强，分枝多、节位低。头茬适宜密度约1万株/亩，行距为0.4m左右，株距为0.17m左右；二茬适宜密度为4万株/亩以上，过密必须进行人工间苗或机械疏苗，以控制密度而增强通风透光。

⑤ 以药剂保护为主，辅以药剂治疗　在短时间降雨（如雷阵雨）后，及时施药预防1次；在梅雨（连阴雨）期间，每隔7d防治1次，连续2～3次；在发病高峰（或大发生）的初期治疗2～3次，每次施药间隔5d。药剂防治每亩可选用40%多菌灵胶悬剂150ml、甲基托布津70% WP 75g或75%百菌清WP150g，防效在70%以上。20%三唑酮EC50ml，防效65%。

5. 采收和初加工

（1）采收　薄荷每年可收割两茬，5～8月采收。第一次在7月下旬，正值初花时节，大田60%的植株开2～3轮花序时，植株茎叶含油最高，为最佳收割期。收割时应选择连续晴天的上午，在阴雨大风、阳光不强的天气收割对产量影响很大。

（2）初加工　收割后在地上摊晒七成干时，即可蒸馏加工。每年两次收割，将收割好的薄荷放入蒸锅，以提取薄荷油。

（四）市场行情

薄荷平均亩产精油35kg。根据市场价格动向，精油价格达200元/kg，亩产值达7 000元。经过蒸锅提油后的茎叶是非常好的饲料，可喂食牛羊。

六、丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 栽培

（一）立地条件

丹参生于林边地堰，路旁山坡等光照充足的地方。怕涝，耐寒，人工栽培应选择土层深厚，排灌良好，质地疏松的壤土或沙质壤土，pH值近中性，微酸或微碱性的土地。过

黏或过沙的土壤不宜种植。

（二）药用植物分类特征

丹参属唇形科鼠尾草属，多年生草本植物。全国各地多有分布。

（三）栽培技术

1. 整地 每亩施圈或土杂肥1.5万~2万kg，捣细撒于地内。深耕30~40cm，耙细整平，做90cm宽平畦，畦埂宽24cm。播种时如土壤干旱，先浇水灌畦，待水渗下后再种植。

2. 繁殖方法 常有种子、扦插、分株和根段等繁殖方法。现以根段繁殖产量高，生产上以根段育苗移栽和分株繁殖为主。

（1）种子育苗　7~8月种子成熟后，分期分批采下种子及时播种。在整好的畦内，按行距12~15cm，开1.5cm深的浅沟，将种子掺沙均匀地撒于沟内，覆土搂平，稍加镇压。土壤湿润，一般播种后10~15d即可出苗。每亩用种1~1.5kg。苗高9~12cm时，移栽地按行距24~30cm，株距9~12cm，挖9cm左右深的穴，每穴栽2~3株。栽后浇水，待水渗下后培土，压紧，以提高成活率。也可以7~8月间直播，按行距24~30cm开沟。方法与种子育苗相同。每亩用种子1~1.5kg。当年播种，如浇水施肥等管理措施及时，生长良好，翌年年底收刨，亩产可达250kg左右。

（2）分株繁殖　在早春或晚秋收刨丹参时，将根剪下供药用。根据自然生长情况，大的芦头可分为3~4株，小的可分为1~2株或不分，一般根上部留3~6cm（秋季收刨的必须剪去茎秆）。将分好的芦头按行距24cm，株距21cm，在已整好的畦地里，挖穴栽种，深度与原来在地里相同。栽后立即浇水，待水渗下后培土压紧。晚秋栽种的，年前不能萌发新芽，在每墩上面盖高6~9cm厚的土，既可防旱保墒，又能避免人畜踩伤幼芽。早春分株栽后，也得培土压紧，及时浇水，即可成活。

（3）根段繁殖　早春收刨丹参时，选择向阳避风处，挖深30cm，宽30cm，长不定的东西畦向育苗池。池底铺一层骡马粪或麦穰作酿热物，厚6~7cm，上面再铺一层沙或炉灰、土杂肥或圈肥和土混合好的育苗土，厚10~15cm。在育苗池的四周用土坯或砖垒成北高南低的矮墙。在“惊蛰”前后，选择粗壮、色鲜红，0.5~1cm粗，无病害的新根。种根以根的上中段为好，整理成把，剪成6~7cm长的根段。有条件地区根下端可浸泡50mg/kg ABT生根剂溶液中2h后，垂直或略倾斜插于育苗池内，株距1.5~2.5cm，根上下端不能倒置。选用根段繁殖后存下老母根可按大田分株移栽方法种植在大田中。扦插完后，覆1cm厚的土，轻轻拍平。然后用30~40℃温水喷洒池面，一次浇透，用塑料薄膜覆盖严密。池墙上可架秫秸或竹竿，以防塑料布下塌。为了防止夜间低温或寒流，覆盖稻草帘子，做到早晨揭，晚上盖。育苗池要保持土地湿润，浇水要选择温暖有阳光的中午进行，最好浇温水，浇水后及时将塑料薄膜盖好封固。育苗池温度保持在20~25℃，约20d，幼苗萌发出土，30d新叶展露。如池里温度超过30℃以上，则需及时通风降温（一般揭开两侧薄膜即可）。待苗高2~3cm时，选择温暖有太阳的中午，揭开薄膜晒苗。北方寒冷地区晚上仍需覆盖塑料薄膜，南方地区不用塑料薄膜覆盖。苗高6~9cm时即可移

栽。移栽时间常在“谷雨”前后。整个育苗期40～50d。移栽前，在育苗池内浇水。用小铲挖苗，不可用手拔。移植大田的密度与方法，与分株繁殖相同。

（4）根段大田直播　选0.5～1cm粗，色鲜红的根，在大田墒情好的情况下直播，保证根的上头向上，可提早发芽，提高产量。一般株行距20cm×25cm，每亩用鲜根35～50kg，栽时用手现折现栽，不可用刀切。

3. 田间管理

（1）覆膜　春季清明前播种，播种后立即覆盖塑料薄膜，周围用细土压严，防止进风。阳畦和小拱棚育苗，夜间要加盖草苫。夏至至处暑前育苗的，应在苗床上加遮阳设施，防止灼伤幼苗。出苗后，要及时间苗拔草，第一次间苗应在子叶充分展开时进行，苗距1～1.5cm，第二次在2叶时进行，苗距为2～3cm。苗床土壤的适宜含水量是20%～22%，当苗床土壤含水量降低到17%时，应及时浇水。

（2）蹲苗　幼苗返青之后，要经常松土浅锄。一般不浇水以利根向下深扎，使新生根向下生长，少出细侧根和纤维根，以利提高丹参质量。

（3）排灌　移植后缓苗前应保持畦地湿润，确保成活。成活后一般不浇水。分株和根段繁殖的地块，若在春季收刨，需浇好封冻水。雨季要及时排水，以防烂根。追肥后要浇水。

（4）施肥　在开始现蕾雨季封垄之前，可结合中耕，每亩追尿素30kg和复合肥15kg，或磷酸二铵20kg。丹参根段繁殖的应重施基肥，促使丰产丰收。

（5）摘蕾　6～7月间，除留种子外，及时摘去花蕾。

4. 病虫害防治

（1）根腐病　5～11月发生，尤其在高温多雨季节为害严重，可使植株枯萎死亡。雨季注意排水，发病初期用50%甲基托布津800～1 000倍液浇灌。

（2）根结线虫病　沙性重的土壤，因透气性好，易发病。整地前每亩用98%必速杀7～10kg，撒施并与土壤混拌均匀，4～5d后整地，1～2d后即可移栽。

（3）棉铃虫　幼虫钻食蕾、花、果，影响种子产量。可在蕾期喷50%辛硫磷乳油1 500倍液或50%西维因600倍液防治。

（4）银纹夜蛾　幼虫咬食叶片，夏秋多发。可在幼龄期用药防治。

此外，还有蛴螬、蚜虫等为害，应注意防治。

5. 采收和初加工

（1）采收　种子繁殖一般2～3年才能收获。分株一般1年半至2年即可收刨，管理措施得当，1年即可收获。根段育苗移栽一年就能收刨，一般在“霜降”到“立冬”之间或春季发芽之前。在畦的一端顺行深刨，防止刨断。

（2）初加工　将根刨出后，去净泥土，晒干（防止雨淋或水洗），去净须根和附土，即可供药用。每3kg左右鲜根，可加工1kg干货。以条粗，色紫红，无须根，杂质少者为佳，一般亩产干品400～500kg。

（四）市场行情

丹参以家种为主，从1995年到1999年价格持续攀升，从3.5元/kg升至14元/kg，

2000 年开始回落，到 2002 年回落至 3 元/kg。2003 年后价格逐渐有起色，2004 ~ 2005 年价格在 5 元/kg 左右，2006 年初升至 6.5 元/kg，2007 年 8 月升至 13 元/kg，2008 年稳定在 11 元/kg 左右，2009 年上半年运行于 5 元/kg 左右，下半年逐步回升，11 月升至 7.5 元/kg，12 月升至 9 元/kg。该品种年用量巨大，为15 000t 左右。

七、黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 栽培

（一）立地条件

黄芩常野生于山顶、山坡、林缘、路旁等向阳干燥的地块。喜温暖凉爽气候，耐寒、耐旱、耐瘠薄，成年植株地下部分可耐 -30℃的低温，35℃高温不致枯死。耐旱怕涝，地内积水或雨水过多，则生长不良，重者烂根、死亡。黄芩在排水不良的地块不宜种植，适宜生长在阳光充足、土层深厚、肥沃的中性和微碱性土壤或沙质土壤环境。野生黄芩在中温带山地草原常见分布于海拔500 ~ 1 500m 向阳山坡或高原，年平均气温 -4 ~ 8℃，最佳年平均气温为 2 ~ 4℃；年降水量 400 ~ 600mm；土壤 pH 值为 7 或稍大于 7 即可。宜选择排水良好、光照充足、土层深厚、富含腐殖质的淡栗钙土或沙质壤土地块，也可在幼龄果树行间以及退耕还林地的树间种植，但不适宜在枝叶茂密，光照不足的林间栽培。

（二）药用植物分类特征

黄芩为唇形科黄芩属，多年生草本植物。黄芩的干燥根，别名黄金条根、山茶根、黄芩茶，是中国常用的大宗药材之一。黄芩始载于《神农本草经》，列为中品，其性寒味苦，具有清热燥湿，泻火解毒，止血安胎的作用，为清凉解热药。黄芩属种质资源丰富，现知有 10 多种植物入药。近年来，野生黄芩被大量采挖，人工栽培虽取得一些成果，但目前还没有培育出品质优良的品种。黄芩在中国的分布以北方为主，其中，山西产量最大，河北承德质佳。

（三）栽培技术

1. 整地 在种植前施足基肥，每亩施优质腐熟的农家肥2 000kg，之后深耕土地 25 ~ 30cm，耙细耙平，做成平畦备播，一般畦宽 1.2m。

2. 繁殖方式 黄芩的繁殖方式以种子繁殖和分株繁殖为主，扦插繁殖极少。

（1）种子繁殖 种子直播的播期根据当地条件适当掌握，以能达到苗全苗壮为目的。春播在 4 ~ 5 月，夏播一般在 6 ~ 8 月，也可在 11 月冬播，以春播产量最高。无灌溉条件的地方，应在雨季播种。黄芩一般采用条播，按行距 30 ~ 35cm 开 2 ~ 3cm 深的浅沟，将种子均匀播入沟内，覆土 0.5 ~ 1cm 左右，播后轻轻镇压。每亩播种量 1.5 ~ 2.0kg，因种子细小，为避免播种不匀，播种时可掺 5 ~ 10 倍细沙或小米混匀后播种。如土壤湿度适中，大约 15d 即可出苗。

（2）分株繁殖 可在收获时进行。采收时选取高产优质植株，切取主根留作药用，根头部分供繁殖用。冬季采收的可将根头埋在窖内，翌年春天再分根栽种。若春季采挖，可随挖随栽。为了提高繁殖数量，可根据根头的自然形状，用刀劈成若干个单株，每个单

株留3~4个芽眼，然后，按株行距5cm×35cm栽于田中。分根繁殖成活率高，生长快，可缩短生产周期。

3. 田间管理

（1）间苗 幼苗长到4cm高时，间去过密和瘦弱的小苗，按株距10cm定苗。育苗的不必间苗，但必须加强管理，除去杂草。干旱时还必须浇清粪水，在幼苗长至8~12cm高时，选择阴天将苗移栽至田中。定植行距为35cm，株距10cm，移栽后，及时浇水，以确保成活。

（2）中耕除草 第一次除草一般在5月中下旬，结合中耕拔除田间杂草，中耕要浅，以免损伤黄芩幼苗；第二次除草一般在6月中下旬追肥前，中耕不要太深，结合间苗把草除净；第三次除草一般在7月中下旬，此时，要拔除田间杂草，并进行深中耕。

（3）追肥 苗高10~15cm时，用人畜粪水1 500~2 000kg/亩追肥1次，助苗生长。6月底至7月初，亩追施过磷酸钙20kg、尿素5kg，在行间开沟施下，覆土后浇水1次。翌年返青后，于行间开沟亩施腐熟厩肥2 000kg、过磷酸钙50kg、尿素10kg、草木灰150kg或KCl 16kg，然后覆土盖平。

（4）灌溉排水 黄芩一般不需浇水，但如遇持续干旱时，要适当浇水。黄芩怕涝，雨季要及时排除田间积水，以免烂根死苗，降低产量和品质。

（5）摘除花蕾 在抽出花序前，将花梗剪掉，减少养分消耗，促使根系生长，提高产量。

4. 病虫害防治

（1）叶枯病 在高温多雨季节容易发病。开始从叶尖或叶缘发生不规则的黑褐色病斑，逐渐向内延伸，并使叶干枯，严重时扩散成片。防治方法：①秋后清理田园，除尽带病的枯枝落叶，消灭越冬菌源。②发病初期喷洒1：120波尔多液或用50%多菌灵1 000倍液喷雾防治，每隔7~10d喷药1次，连用2~3次。

（2）根腐病 栽植2年以上者易发此病。根部呈现黑褐色病斑以致腐烂，全株枯死。防治方法：①雨季注意排水、除草、中耕，加强苗间通风透光并实行轮作。②冬季处理病株，消灭越冬病菌。③发病初期用50%多菌灵可湿性粉剂1 000倍液喷雾，每7~10d喷药1次，连用2~3次；或用50%甲基托布津1 000倍液浇灌病株。

（3）黄芩舞蛾 是黄芩的重要害虫。以幼虫在叶背作薄丝巢，虫体在丝巢内取食叶肉。防治方法：①清园、处理枯枝落叶及残株。②发病期可配合化学防治。

（4）菟丝子病 幼苗期菟丝子缠绕黄芩茎秆，吸取养分，造成早期枯萎。防治方法：①播前净选种子。②发现菟丝子随时拔除。③喷洒生物农药"鲁保1号"灭杀。

5. 留种技术 留种田在开花前，追施过磷酸钙50kg/亩、KCl肥16kg/亩，促进开花旺盛、籽粒饱满，花期注意浇水、防止干旱。黄芩花期果期较长，7~9月共3个月，且成熟不一致，极易脱落。当大部分蒴果由绿色变黄色时，边成熟边采收，也可连果剪下，晒干打出种子，除去杂质，置干燥阴凉处保存。黄芩种子收获后有6个月的成熟期，种子保质期在一般情况下只有12个月，所以，播种必须使用新种，发芽率应达到80%以上，方能保证在田间能够出苗。若新种子存放时间稍长，种子颜色会变淡，贮存时间较短。新种子的颜色为深黑色，籽粒饱满，大小均匀，色泽鲜明。

6. 采收与初加工

（1）采收　黄芩种植2～3年后收获。经研究测定，最佳采收期应是三年生。秋季地上部分枯萎之后，此时，商品根产量及主要有效成分黄芩苷的含量均较高。在秋后茎叶枯黄时，选晴天采收，生产上多采用机械起收，也可人工起收。因黄芩主根深长，挖时要深挖起净，挖全根，避免伤根和断根，去净残茎和泥土。

（2）初加工　起收后运回晾晒场，去除杂质和芦头，晒到半干时，放到筐里或水泥地上，用鞋底揉擦，撞掉老皮，使根呈现棕黄色，然后，继续晾晒，直到全干。在晾晒过程中，不要暴晒，否则，根系发红，同时，防止雨淋和水洗，不然根条会发绿变黑色，影响质量。加工场地环境和工具应符合卫生要求，晒场预先清洗干净，远离公路，防止粉尘污染，同时，要备有防雨、防家禽设备。

（四）市场行情

黄芩为大宗常用中药材，需求量大。由于野生资源的减少，近几年才开始大量人工栽培，三年生平均每亩可产干货200～350kg。2003年一场突然而来的“非典”，使得正处于低谷运行中的黄芩一跃而起，干货价格瞬间升至10～12元/kg，“非典”过后干货价格又回落到6～7元/kg。连续3年低价，使得药农种植积极性受挫，2005年黄芩种植面积缩减，致使当年黄芩干货价格回升至7～8元/kg，2006年升至9～10.5元/kg的价位，各产区种植相继恢复。2007年全年黄芩干货价格基本保持稳定。2008年中旬，其干货价格上升至11～13元/kg，野生黄芩干货价格更是升至24～27元/kg。2009年全年价格较上年基本保持平稳。2010年黄芩干货价格有所上升，全年基本稳定在10～12元/kg，优质选条每千克达到15元左右。

作为中药材大宗品种，黄芩不但在传统中药生产、中药饮片生产中需求较大，且美容化妆品、兽药生产等需求都有较大增长，其供应紧张的局面在短期内难以改变，因此可以说，无论是野生黄芩还是家种黄芩，其价格在今后将持续趋升。

八、桔梗 *Platycodon grandiflorum* A. DC. 栽培

（一）立地条件

桔梗为耐干旱的植物，多生长在沙石质的向阳山坡、草地、稀疏灌丛及林缘。桔梗常在的群落有稀疏的蒙古栎林、槲栎林、榛灌丛、中华绣线菊灌丛和连翘灌丛等。桔梗喜温，喜光，耐寒，怕积水，忌大风。适宜生长的温度范围是10～20℃，最适温度为20℃，能忍受－20℃低温。在土壤深厚、疏松肥沃、排水良好的沙质壤土中，植株生长良好。土壤水分过多或积水易引起根部腐烂。选疏松、肥沃、湿润、排水良好的沙质土壤种植。从长江流域到华北、东北均可栽培。前茬作物以豆科、禾本科作物为宜。黏性土壤，低洼盐碱地不宜种植。适宜pH值为6～7.5。桔梗喜阳，适宜与幼龄的果树间作，不适宜与密闭度较大的果树间作；适宜的果树树种比较多，如苹果树、梨树、杏树、樱桃树和核桃树等，但不适宜与偏酸的板栗等树种间作。

（二）药用植物分类特征

桔梗科桔梗属仅有桔梗一种。但有一些变种，有紫色、白色、黄色等花色，有早花、秋花、大花、球花的，也有高秆、矮生的，还有半重瓣、重瓣的。这些变种中，白花的常作蔬菜用，产量较高，其他多为观赏品种。入药以常品为主为好。

（三）栽培技术

1. 整地　每亩施有机肥4 000kg，过磷酸钙30kg，均匀地撒入。深翻30～40cm，整平耙细，做成长10～20cm、宽1.2～1.5m、高15cm的畦或做成45cm宽的小垄种植。

2. 繁殖方式　桔梗的繁殖方式有种子繁殖、根茎或芦头繁殖等。生产中，以种子繁殖为主，其他方法很少应用。

（1）种子繁殖　在生产上有直播和育苗移栽两种方式。因直播产量高于移栽，且根直，分杈少，便于刮皮加工，质量好，生产上多采用。

① 播期　桔梗一年四季均可播种。秋播当年出苗，生长期长，产量和质量高于春播。秋播于10月中旬以前；冬播于11月初土壤封冻前播种；春播一般在3月下旬至4月中旬，华北及东北地区在4月上旬至5月下旬；夏播于6月上旬小麦收割完后进行，夏播种子容易出苗。

② 浸种　播前，可用温水浸泡种子24h，或用0.3%的高锰酸钾浸种12～24h，取出冲洗去药液，晾干播种，可提高发芽率。也可温水浸泡24h后，用湿布包上种子，上面用湿麻袋片盖好放置催芽，每天早晚各用温水淋1次，3～5d后种子萌动，即可播种。

③ 直播　种子直播也有条播和撒播两种方式。生产上多采用条播。条播按行距15～25cm，深3～6cm，将种子均匀撒在沟内，覆土盖严种子，以不见种子为度，0.5～1cm。条播亩用0.5～1.5kg种子。播后畦面要保温保湿，可以在畦面盖草，干旱时要浇水。春季早播的可以采用覆盖地膜措施。

④ 育苗移栽　育苗方法同直播。一般培育1年后，在当年茎叶枯萎后至翌春萌动前出圃定植。小苗也可移栽，栽前，将种根小心挖出，勿伤根系，以免发杈，按大、中、小分级定植。按行距20～25cm、沟深20cm开沟，株距5～7cm，将根垂直舒展地栽入沟内，覆土略高于根头，稍压即可，浇足定根水。

（2）根茎或芦头繁殖　可春栽或秋栽，以秋栽较好。在收获桔梗时，选择发育良好、无病虫害的植株，从芦头以下1cm处切下芦头，即可进行栽种。

3. 田间管理

（1）定苗　苗高4cm左右间苗，若缺苗，宜在阴天补苗。苗高8cm左右定苗，按株距6～10cm留壮苗1株，拔除小苗、弱苗、病苗。若苗情太差，可结合追肥浇水，保持土壤湿润。

（2）除草　桔梗生长过程中，杂草较多，从出苗开始，应勤除草松土。苗小时用手拔出杂草，以免伤害小苗，每次应结合间苗除草。定植以后适时中耕除草。松土宜浅，以免伤根。植株长大封垄后，不宜再进行中耕除草。

（3）肥水管理　一般对桔梗进行4～5次追肥。苗齐后追肥1次，每亩有机肥1 000kg，以促进壮苗；6月中旬每亩1 000kg有机肥及过磷酸钙50kg；8月再追1次；入冬植株枯萎后，结合清沟培土再追1次。翌年苗齐后，追有机肥1 000kg，以加速返青，促进生长。整个生育期适当施用N肥，以农家肥和P、K肥为主，培育粗壮茎秆，防止倒伏，并能促进根的生长。若植株徒长可喷施矮壮素或多效唑以抑制增高。若干旱，适当浇水；多雨季节，及时排水，防止发生根腐病而烂根。

（4）除花蕾　桔梗花期长达3个月，要及时去除花蕾以提高产量和质量。可以人工去除花蕾，也可以化学去蕾。生产上多采用人工去除花蕾，10多天一次，整个花期约6次。近年来，开始采用乙烯利除花，方法是在盛花期用0.05%的乙烯利喷洒花朵，每亩用药液75～100kg，省时省工，使用安全。

（5）其他　桔梗根以顺直、少杈为佳。直播法相对发杈少一些，适当增加植株密度也可以减少发杈。桔梗在翌年易出现一株多苗，会影响根的生长，而且易生杈根，因此，春季返青时要把多余的芽苗除掉，保持一株一苗，可减少杈根。

4. 病虫害防治

（1）轮纹病　6月开始发病，7～8月发病严重。受害叶片病斑近圆形，直径5～10mm，褐色，具同心轮纹，上生小黑点。严重时，叶片由下而上枯萎。高温多湿易发此病。冬季要注意清园，把枯枝、病叶及杂草集中处理。发病季节，加强田间排水。发病初期用1∶1∶100波尔多液，或65%代森锌600倍液，或50%多菌灵可湿性粉剂1 000倍液，或50%甲基托布津的1 000倍液喷洒。

（2）斑枯病　为害叶部，受害叶两面有病斑，圆形或近圆形，直径2～5mm，白色，常被叶脉限制，上生小黑点。严重时，病斑汇合，叶片枯死。发生时间和防治方法同轮纹病。药治。

（3）蚜虫　在桔梗嫩叶、新梢上吸取汁液，导致植株萎缩，生长不良。4～8月为害。

（4）地老虎　从地面咬断幼苗，或咬食未出土的幼芽。1年发生4代。药治。

5. 留种技术　栽培桔梗最好用二年生植株产的种子，大而饱满，颜色黑亮，播种后出苗率高。留种田在6月开花前，每亩施尿素15kg，过磷酸钙30kg，为后期生长提供充足营养，以促进植株生长和开花结实。6～7月可以去除小侧枝和顶端花序，后期花序也可去除。桔梗种子从上部开始成熟，要分批采收。果实外皮变黄色，种子变棕褐色即可采收。也可在果枝枯萎，大部分种子成熟时，一起采回果枝，置于通风干燥的室内后熟3～4d，然后晒干脱粒，除去果壳，贮藏备用。若过晚采收，果裂种散，难以收集。

6. 采收和初加工

（1）采收　桔梗为多年生宿根性植物，播种后1～3年收获，一般2年采收，华北和东北2～3年收获，华东和华南1～2年收获。一般在秋季地上部枯萎到翌年春萌芽前收获，以秋季采收最好。采收时，先割去地上茎，从地的一端起挖，一次深挖取出或用犁翻起，将根拾出，或采用药材挖掘机挖出。要防止伤根，以免汁液流出，更不能挖断主根，而影响桔梗等级和品质。

（2）初加工　将挖出的桔梗去掉须根及小侧根，用清水洗净泥土，用竹刀或破瓷碗

片趁鲜刮去外皮，晒干即可。来不及加工的桔梗，采用沙埋，防止外皮干燥收缩。

（四）市场前景

每亩可产桔梗干货300~400kg，高产者可达600kg。桔梗为大宗用药，产地较广，用量大。2005~2010年桔梗市场价格一直处于上升阶段，2005年9月为6.2元/kg，2006年多徘徊在8元/kg上下，2007年9月价格上升至12元/kg，2008年10月升至13元/kg，2009年12月升至43元/kg。该药材年需求量15 000t，后市价格仍处于走好的趋势之中。

九、苍术（北苍术）*Atractylodes chinensis*（Bunge）Koidz. 栽培

（一）立地条件

苍术生于低山阴坡疏林边、灌木丛中或草丛中、林下等处。生活力很强，瘦地也可种植。喜凉爽气候，生长期最适生长温度为15~22℃，耐寒。对土壤要求不严，但在排水良好、地下水位低、土壤结构疏松、富含有机质的沙壤土生长最好。忌低洼地，水浸易烂根。适宜选择荒山、荒坡地、林间空地、林缘耕地或果园空地。

（二）药用植物分类特征

苍术属菊科苍术属，多年生草本植物。苍术（北苍术）*Atractylodes chinensis*（Bunge）Koidz. 是载入国家药典的菊科苍术属药用植物。其干燥块根入药。分布于东北、华北、山东、河南、陕西等地。

（三）栽培技术

1. 整地 选好地后，每亩施2 000kg农家肥作基肥，翻耕，耙细，在干旱的地区做成平畦；如果在雨水多的地方，则应做成高畦为好，畦宽一般1.3m左右，长度不限。

2. 播种方法 一般在4月初进行育苗。可条播或撒播。

（1）条播 在畦面横向开沟，沟距20~25cm、沟深为3cm。把种子均匀撒于沟中，然后覆土。播量2.5~3kg/亩。2~3片真叶时定植。

（2）撒播 直接在畦面上均匀撒上种子，覆土2~3cm。每亩用种3~4kg。播后都应在上面盖一层稻草，经常浇水保持土壤湿度，苗长出后去掉盖草。苗高3cm左右时进行间苗，10cm左右即可定植，以株行距15cm×30cm进行，栽后覆土压紧并浇水。一般在阴雨天或午后定植易成活。种子发芽适宜温度为15~20℃，播后2周出苗。

3. 间管管理

（1）中耕除草 幼苗期应勤除草松土，定植后注意中耕除草。如天气干旱，要适时灌水，也可以结合追肥一起进行。

（2）追肥 一般每年追肥3次，结合培土，防止倒伏。第一次追肥在5月施清粪水，每亩大约用1 000kg；第二次在6月苗生长盛期时施入鸡粪水或人粪尿，每亩约用1 250 kg，也可以每亩施用5kg硫铵肥；第三次追肥则应在8月开花前，每亩用人粪尿1 000~1 500kg，同时，加施适量草木灰和过磷酸钙。

（3）摘蕾　在7～8月现蕾期，对于非留种地的苍术植株应及时摘除花蕾，以利地下部生长。

4. 病虫害防治

（1）根腐病　一般在雨季严重，在低洼积水地段易发生，为害根部。防治方法：①进行轮作；②选用无病种苗用50%退菌特100倍液浸种3～5min后再播种；③生长期注意排水，以防止积水和土壤板结；④发病期用50%甲基托布津800倍液进行浇灌。

（2）蚜虫　苍术在整个生长发育过程中，均易受蚜虫为害，以成虫和若虫吸食茎叶汁液。防治方法：①清除枯枝和落叶，深埋或烧毁；②在发生期用50%的杀螟松1 000～2 000倍液或以10%吡虫啉可湿性粉剂1 000倍液进行喷洒防治，每7d喷1次，连续进行，直到无蚜虫为害为止。

5. 采收和初加工

家种的苍术需生长2年后才可收获。北苍术春、秋两季都可采挖，但以秋后至翌年初春苗未出土前采挖的质量好。北苍术挖出后，除去茎叶和泥土，晒到五成干时装进筐中，撞去部分须根，表皮呈黑褐色；晒到六七成干时，再撞1次，以去掉全部老皮；晒到全干时最后撞1次，使表皮呈黄褐色，即成商品。每亩产北苍术干品300～350kg。药材质量以块根个大、质坚实、断面采砂点多、香气浓者为佳。

（四）市场前景

苍术为野生药材，多年来资源逐步开发，价格逐步走高，2003年年底至2004年价格4.5元/kg，2005年产新货量不丰且人气旺盛，10月价格一度高达10元/kg。价格刺激采挖，随产新来货增多，价格回落到6.8元/kg，但野生资源毕竟已经减少很多，2006年年底价格回弹至8元/kg左右，2007年7月升至9.1元/kg，2008年年底升至9.3元/kg，2009年3月突破10元/kg，11月升至21元/kg，12月升至22元/kg。苍术年需求量3 500t，受资源逐步减少影响，预计后市价格将呈现继续平稳和上涨交替的态势。

十、药菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 栽培

（一）立地条件

菊花的适应性强，平川、山地、林缘、幼林林下都可健壮生长。对气候和土壤条件要求不严，最适生长温度15～25℃。在微酸、微碱性土壤都能生长。全国各地均有栽培，小菊的耐寒力比大菊强，花经几次严霜而不凋谢。温度在10℃以上隐芽可以萌发。菊花耐干旱，怕积水，喜疏松肥沃含腐植质多的沙质土壤、凉爽的气候和充足的阳光。宜选地势高燥、阳光充足的林缘耕地或向阳幼林种植。

（二）药用植物分类特征

药菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. [*Dendranthema morifolium*（Ramat.）Tzvel.]是菊科菊属植物。药用菊花与品种繁多的观赏菊花在植物分类上是同一个物种。因产地和加工方法不同而有不同的栽培品种或类型。如杭菊（浙江）、滁菊（安徽）、亳菊（安

徽)、贡菊（安徽)、怀菊（河南)、川菊（四川)、济菊（山东)、祁菊（河北安国）等。其中的亳菊、滁菊、贡菊、杭菊是中国四大名菊，是菊花中的典型入药品种类型，均被载入国家药典。随着品种改良，每个类型中，还有不同的品种。药用品种主要栽培于河南、河北、山东、安徽、江苏、浙江、四川等地。

（三）栽培技术

1. 整地　整地应在3月下旬至4月上旬，每亩施猪粪或堆肥2 000kg作基肥，进行翻耕做畦。一般林缘种植多为平畦，畦宽1.2m，长度不限，以浇水好操作为准；幼林中栽种，则根据树的株行距大小来确定畦宽，一般以树的冠幅垂直阴影以外20cm为宜。

2. 繁殖方法　菊花的繁殖方法很多。一般可分为分根繁殖、扦插、播种和压条等数种方法。栽培中，以扦插为主，因为扦插苗缓苗快，分枝多，产量高。具体方法是选择健壮、无病虫害、根茎白色母株栽于保护地中。当母株上长出10cm芽时，基部留2～3片叶采下，并整理成长6cm带有两叶一心的插穗进行扦插育苗。苗床最好用无菌基质（蛭石、珍珠岩等)。扦插后每天要给苗床多次喷水，生根最适温度为15～18℃，前3天湿度为100%，以后视其天气情况逐渐降低。一般扦插15d后生根，根长2cm以上时，即可定植大田。

3. 定植　根据土地质地确定定植密度。沙土地由于不保水保肥，植株生长瘦小，因此，可以密度大些，墒土好的密度小些，一般密度为2 500～3 000株/亩。定植后及时浇水。

4. 田间管理

（1）中耕锄草　菊花缓苗后，不宜浇水，而以锄地松土为主。第一次、第二次要浅松，使表土干松。地下稍湿润，使根向下扎，并控制水肥，使地上部生长缓慢，俗称“蹲苗”，否则生长过于茂盛，至伏天不通风透光，易发生叶枯病。第三次中耕时要深松，并在植株根部培土，保护植株不倒伏。在每次中耕时，应注意勿伤茎皮，不然在茎部内易生虫或蚂蚁，将来生长不佳，影响产量。总之，中耕次数应视气候而定，若能在每次大雨之后，土地板结时，浅锄一次，即可使土壤内空气畅通，菊花生长良好，并能减少病害。

（2）追肥　菊花根系发达，根部入土较深，细根多，吸肥力强，需肥量大。一般施两次肥。第一次施肥在摘心后，每亩施 $(NH_4)_2SO_4$ 10kg，结合培土；第二次施肥在花蕾将形成时，每亩用 $(NH_4)_2SO_4$ 5kg、保利丰4kg，促使花蕾多、花朵大，舌状花肥厚，从而提高产量及品质。

（3）排水灌溉　菊花喜湿润，但怕涝，春季要少浇水，防止幼苗徒长，视气候情况，以保证成活为度。6月下旬以后天旱，要经常浇水。如雨量过多，应疏通大小排水沟，切勿有积水，否则，易生病害和烂根。

（4）摘心　在菊花生育期中，如果肥料充足，植株生长健壮。为了促使主干粗壮，减少倒伏，在菊花生长期要摘心1～3次，第一次在5月进行，菊花缓苗后，留2～3对叶片摘心；第二次在6月底，侧枝长到10cm以上时，留2对叶摘心；第三次不得迟过7月底，同样侧枝上留2对叶片。

摘心目的是促使侧枝发育和多分枝条，增加单位面积上的花枝数量，提高产量。

（5）选留良种　选择无病、粗壮、花多、花头大、层厚心多、花色纯洁、分枝力强及无病花多的植株，作为种用。然后，根据各种不同的繁殖方法，进行处理。但因为在同一个地区的一个菊花品种由于多年的无性繁殖，往往有退化现象，病虫害特多，生长不良，产量降低。故选留良种时，特别注意选留性状良好的，加以培育和繁殖。必要时，可在其他地区进行引种。

5. 病虫害防治

（1）叶枯病　又叫“斑枯病”。在菊花整个生长期都能发生，尤以雨季严重。植株下边叶片首先被侵染。初期，叶片上出现圆形或椭圆形的染褐色病斑，中心为灰白色，周围有一淡色的圈，后期在病斑上生有小黑点。病斑扩大后，造成整个叶片干枯，严重时，整株叶片干枯，仅剩顶部未展叶的嫩尖。

防治方法：① 菊花采收完后，集中残株病叶烧掉。② 前期控制水分，防止疯长，以利通风透光。③ 雨后及时排水。④ 发病初期，摘除病叶，用1：1：100的波尔多液或65%代森锌可湿性粉剂500倍液喷雾，每7～10d喷1次，连续喷3～4次。

（2）菊花牛　又叫“蛀心虫”。在7～8月间菊花生长旺盛时，多在菊花茎梢咬成一圈小孔产卵，在茎中蛀食。受害处可见许多小粒虫粪成一团，使伤口以上的茎梢萎蔫，茎秆中空，枝条易断，或伤口愈合时有肿大的结节。卵孵化后，幼虫钻入茎内，向下取食茎秆，故在发现菊花断尖之后，必须在茎下摘去一节，收集烧掉，以减少其为害，否则，造成整株、更多的植株枯死。

防治方法：从萎蔫断茎以下3～6cm处摘除受害茎梢，集中烧毁。成虫发生期，趁早晨露水未干时，进行人工捕捉或用乳油类低毒农药喷施防治。

（3）蚜虫　又叫腻虫。成虫、若虫吸食茎叶汁液，严重者造成茎叶发黄。

防治方法：① 冬季清园，将枯株和落叶深理或烧掉。② 发生严重时，适当配化学农药防治。

6. 采收和初加工

（1）采花时间　从8月底开始一直采到下霜。采收标准以花心散开2/3为采收适期，采收时间要选晴天露水干后进行，带露水采容易变质。

（2）采摘方法　用食指和中指夹住花柄，向怀内折断。操作熟练的工人每天可采鲜花60～75kg。最好在晴天露水已干时进行。这时采得的花水分少，干燥快，省燃料和时间，减少腐烂，色泽好，品质好。但遇久雨不晴，花已成熟，雨天也应采，否则，水珠包在花内不易干燥，而易引起腐烂，造成损失。

（3）注意事项　采下的鲜花立即干制，切忌堆放，应随采随烘干，最好是采多少烘多少，以减少损失。菊花采收完后，用刀割除地上部分，随即培土，并覆盖熏土于菊花根部。

（4）初加工　采回鲜花，应及时放于烤房竹帘上，厚约6cm，抖松铺开，即用煤或柴火烘烤。约半小时应进行翻松，翻时应退着翻，切忌踩到花朵，影响品质。如产量少，气候好，晴天采收即铺于晒场阳光下晒干，晒时宜薄，应勤翻，或薄铺于通风处吹干。但有的地方，如河南、四川、安徽、河北等地将植株于晴天全部割下捆成小捆，在室外搭架晒干，或在室外悬挂于通风处吹干，再将花摘下。杭菊的花采用蒸菊花的办法，把菊花放

在蒸笼内，厚约3cm，一次锅内放笼2～3只，把蒸笼搁空，火力要猛而均匀，锅水不宜过多，每蒸一次加一次热水，以免水沸到笼上，影响菊花质量。蒸的时间为4～4.5min，过熟不易晒干，过快防止生花变质。蒸好的菊花放在竹帘上暴晒，菊花未干不要翻动，晚上收进室内不要压，暴晒3d后翻动一次。晒6～7d后，收起。贮藏数天再晒1～2d，花心完全变硬，即可贮藏。

一般亩产干菊花60kg左右，高产时，可达150kg。质量以朵大、花洁白或鲜黄色、舌状花肥厚或多而紧密、气清香者为佳。

（四）市场前景

菊花2010年之前价格基本稳定在10～20元/kg，2010年之后价格上涨，3月达到32元/kg，5月达到41元/kg，之后有所下降，截至2011年底价格基本稳定在22元/kg。

十一、蒲公英 *Taraxacum mongolicum* Hand. －Mazz. 栽培

（一）立地条件

蒲公英适应性广，抗逆性强。抗寒又耐热。抗旱、抗涝能力较强。可在各种类型的土壤条件下生长，但最适在肥沃、湿润、疏松、有机质含量高的土壤上栽培。

（二）药用植物分类特征

蒲公英属菊科蒲公英属，多年生草本植物。蒲公英已在辽宁、吉林、黑龙江、河北、浙江、内蒙古等省（自治区）进行栽培。中国有蒲公英70种，1变种。除东南及华南外，分布几乎遍及全国。西北、华北及西南最多，华中、华东略少。主要的分类群有18组，如芥叶蒲公英组、蒲公英组、短喙蒲公英组、白花蒲公英组、大头蒲公英组、山地蒲公英组、西藏蒲公英组等。药用的来源于蒲公英属的至少27种，最常用的是蒙古蒲公英、热河蒲公英、碱地蒲公英、东北蒲公英、反苞蒲公英和兴安蒲公英6种。食用的有蒲公英组中的蒲公英等。

（三）栽培技术

1. 选地整地　整地时每公顷施有机肥，最好是马粪30 000～45 000kg，混合过磷酸钙225～300kg，均匀铺撒地面，再深翻20cm。地面整平耙细后，做宽100cm、高15cm、长10m的播种床或做高30cm、基宽30cm、肩宽20cm小垄。

2. 繁殖方式　蒲公英可进行种子繁殖，也可采用埋根栽植，一般生产中，采用种子繁殖。

（1）浸种　成熟的蒲公英种子没有休眠期，当气温在15℃以上时，即可将种子播在湿润土壤中。经过90h左右即可发芽。种子在土壤温度15℃左右时发芽较快，在25～30℃以上时，发芽慢，所以，从初春到盛夏都可进行播种。为了使播种后提早出苗，可采用温水烫种催芽，即把种子置于50～55℃温水中，搅动到水凉后，再浸泡8h，捞出，把种子包于湿布内，放在25℃左右的地方。上面用湿布覆盖，每天早晚用50℃温水浇1次，

3～4d 种子萌动即可播种。每公顷播种量 11. 25kg。

（2）露地直播　一般采用条播，按行距 25～30cm 开浅横沟，播幅约 10cm。种子播下后覆土 1cm，然后稍加镇压。播种后盖草保湿，出苗时揭去盖草，约 6d 可以出苗。

（3）埋根栽植　为了提早上市，增加收入，野外挖根到温室埋根栽植可以收到事半功倍的效果。当深秋（10 月中下旬）蒲公英第一次遭霜打，叶色由绿变红色时，要抓紧野外采挖蒲公英根系，全根最好。在温室内做床，规格如上述。按行距 15cm，株距 5cm 栽根，埋到原根地表位置为宜，使根顶在地面似露非露，用手压实即可。温室温度控制在 20℃左右，蒲公英就能正常生长。如使蒲公英在市场需求旺季时上市，要控制温室温度，使植株生长受到限制，即可收到满意效果。

3. 田间管理

（1）松土除草　蒲公英出苗后半月，进行 1 次松土除草。床播的用小尖锄于苗间刨耕；垄播的用镐头在垄沟刨耕。以后每 10d 进行 1 次松土中耕。封垄后要不断人工除草。

（2）定苗　蒲公英地上植株叶片大，管理要充分考虑植株生长有一定的空间，不可贪密恋苗，影响生长。一般在出苗 10d 后，即可定苗，株行距 5～10cm。

（3）浇水施肥　蒲公英生长期间要经常浇水，保持土壤湿润。蒲公英出苗后需要大量水分，因此，保持土壤的湿润状态，是蒲公英生长的关键。播种的蒲公英当年不能采收。入冬后，在床（垄）上撒施有机肥，每亩 2 000kg，最好是腐熟的马粪。这样，既起到施肥作用，又可保护根系安全越冬。不提倡施化肥，施化肥虽然嫩株及叶片色黑突长，但失去绿色植物的内涵，也失去了蒲公英的野味风格。

（4）采收种子　蒲公英一般二年生就能开花结籽。野生 5～6 月份开花，有单株也有群落生长。蒲公英年龄越长开花越多，最多开花 20 个花序以上。开花后，种子成熟期短，一般 13～15d，种子即可成熟。种子成熟与否主要看花盘外壳由绿色变为黄色，每个花盘种子也由白色变为褐色，即为种子成熟期，便可采收。种子成熟后，很快伴絮随风飞散，可以在花盘末开裂时抢收，这是种子采收成败的关键。花盘摘下后，放在室内后熟 1d，待花盘全部散开，再阴干 1～2d，种子半干时，用手搓掉种子先端的绒片，然后，将种子晒干。大叶型蒲公英千粒重 2g，小叶型品种为 1～1. 2g。

4. 病虫害防治　蒲公英一般不发生病虫害。常见病害有叶柄病，发病前期喷 1∶1∶120 的波尔多液或 50% 甲基托布津 800～1 000倍液喷雾防治。虫害有地老虎，多在苗期为害，可用药剂防治。

5. 采收和初加工

（1）采收　蒲公英可在幼苗期分批采摘外层大叶供食，或用刀割取心叶以外的叶片食用。每隔 15～20d 割 1 次。也可一次性割取整株上市。

（2）初加工　蒲公英一般用作蔬菜进行鲜食。药用蒲公英收获时，择晴天齐地面割取全草，迅速晾干、晒干、烘干，即可药用。

（四）市场前景

蒲公英在 2010 年以前一直在低位运行，最低时仅 2 元/kg 左右，最高时也不过 4～5 元/kg。2010 年以来，由于劳动力工值提升，药农采挖积极性不高，多年积压库存的消

耗，价格逐渐走高，从3.5～3.8元/kg逐步上升到6～7元/kg，之后一直保持稳定，没有出现大的波动。2011年5月市场新货已逐步产新上市，但产量不大，加之该品市场存货不多，行情保持平稳，目前，市场交易价6～6.5元/kg。从目前的市场走势来看，蒲公英正在呈现出需求旺盛、库存枯竭、产量下降的现状，有可能出现青黄不接的局面，供求失衡局面逐步明朗，后市应看好。

十二、天南星 *Arisaema erubescens* (Wall.) Schott 或 *Arisaema consanquineum* Schott 栽培

（一）立地条件

选择有荫蔽的林下较阴湿的环境。土壤以疏松肥沃、排水良好的黄沙土为好。

（二）药用植物分类特征

天南星属天南星科天南星属，多年生草本植物。为有毒中药。2010年版《中国药典》（一部）收载种类为天南星科天南星属植物天南星 *Arisaema erubescens* (wall.) Schott.、异叶天南星 *A. heterophyllum* Bl.、东北天南星 *A. amurense Maxim.* 的干燥块茎。分布于全国大部分省、自治区。

（三）栽培技术

1. 整地　选好地后于秋季将土壤深翻20～25cm，结合整地每公顷施入腐熟的堆肥60t，翻入土内作基肥。整细耙平做成宽1.2m的高畦或平畦，四周开好排水沟。

2. 繁殖方式

（1）播种种子繁殖　天南星种子8月上旬成熟。浆果采后置清水中搓洗去除果肉，捞出种子，立即播种。按行距15～20cm挖浅沟，将种子均匀地播入沟内，覆土与畦面齐平，播后浇1次透水，保持床土湿润，10d前后即可出苗。每公顷用种量约70kg。冬季用堆肥覆盖畦面，保温保湿，有利于幼苗越冬。翌年春季幼苗出土后，将厩肥压入苗床作肥料。当苗高6～9cm时，按株距15～20cm定苗。多余的幼苗可另行移栽。

种子繁殖慢，产量低，多用块茎繁殖。

（2）移栽营养繁殖　9～10月收获天南星块茎后，选择生长健壮，完整无损，无病虫害的中小块茎，晾干表皮后置地窖内贮藏作种栽。挖窖深1.5m左右，大小视种栽多少而定，窖内温度保持在5～10℃为宜，低于5℃，易受冻害，高于10℃，则容易提早发芽。一般于翌年春季取出栽种，亦可于封冻前进行秋栽。春栽时，于春季4月中下旬在整好地的畦面上，按行距20～25cm，株距15cm挖穴，深4～6cm，把块茎的芽头向上放入穴内，每穴1块。栽后覆细土，若天旱浇1次透水，约半个月即可出苗。大块茎作种栽，可以纵切成两半或数块，只要每块有1个健壮的芽头，都能作种栽用。但切后要及时将伤口拌以草木灰，避免腐烂。小块茎及块茎切后种植的覆土要浅，大块茎宜深。每亩需大种栽40～45kg，小块茎20～25kg。

3. 肥水措施　第一次松土除草后，用稀薄的人畜粪水追肥1次，每公顷20t。第二次

于6月中下旬，松土后追肥1次，用量同前次。第三次于7月下旬正值天南星生长旺盛时期，结合除草松土，每公顷追施堆肥30t，在行间开沟施入，施后覆土盖肥。第四次于8月下旬结合松土除草，每公顷追施尿素250kg。

天南星喜湿，栽后经常保持土壤湿润，要勤浇水；雨季要注意排水，防止田间积水，以免影响生长。

4. 田间管理 苗高6～9cm时，进行第一次松土除草，宜浅不宜深。第二次于6月中下旬，松土可适当加深。第三次于7月下旬正值天南星生长旺盛时期，除草松土。第四次于8月下旬，除草松土可适当加深。除作种用的花穗外，其余全部摘掉。

5. 病虫害防治 天南星的病虫害有4种，常见的主要病害有两种，即天南星病毒病和块茎腐烂病。在防治方法上，应用组织培养法，培养无毒种苗；发病前期用药剂植病灵配合赤霉素喷雾；发现病株立即拔除，集中烧毁深埋，病穴用5%石灰乳浇灌，以防蔓延。

常见的虫害有两种，即红天蛾和红蜘蛛。在幼虫低龄时喷药防治；红蜘蛛发生时喷低毒乳油1 000倍液喷雾防治。

6. 采收和初加工 9月下旬至10月上旬收获，过迟天南星块茎难去表皮。选晴天挖起块茎，去掉泥土、残茎叶、须根，搓洗去皮，洗不掉的用竹刀刮去皮，用水冲洗，晒干即成商品。以个大、色白、粉性足、无杂质为佳。

（四）市场行情

天南星近两年来价格一直在70元/kg左右走销畅快，亩产300kg，种植户的毛收入高达20 000多元；由于效益较好，极大地刺激了种植面积。粗略估计，2011年种植面积比2010年扩大1.5～2倍，因此，要注意后期市场变化。

十三、掌叶半夏 *Pinellia pedatisecta* Schott 栽培

（一）立地条件

掌叶半夏喜湿润、疏松、肥沃的土壤和环境，喜水肥。其块茎不耐冻。由种子萌发的当年实生苗，第一年幼苗只生三片小叶，第二、第三年后小叶片数逐次增多，且较能耐寒。人工栽培宜与高秆作物间作，或选择有荫蔽的林下、林缘、山谷较阴湿的环境，遮阴度在40%左右；土壤以疏松肥沃、排水良好的黄沙土为好。湿润、疏松、肥沃的沙壤土或黑土壤为宜。

（二）药用植物分类特征

掌叶半夏（*Pinellia pedatisecta* Schott），属于天南星科 Araceae 半夏属 *Pinellia* 多年生草本植物，别名虎掌、狗爪半夏。块茎叫虎掌南星，近球形，类似半夏，但较大，是全国多数地区习惯使用的中药天南星的主要来源。叶片鸟足状分裂，肉穗花序的佛焰苞绿色或带紫色，浆果卵圆形、圆形，内含种子1粒。分布于河北、山西、陕西、山东、江苏、浙江、湖南、四川、贵州、云南等省。

（三）栽培技术

1. 整地　封冻前深耕25cm，使土壤风化疏松。翌春解冻后，按每亩施圈肥5 000kg，浅耕细耙，整平做90～150cm宽平畦，备播。

2. 繁殖方式　分有性繁殖和无性繁殖，生产上多采用块茎繁殖。种子生长期长，产量不高，多不采用。

（1）块茎繁殖　选无病虫害，健壮完整的中小块茎作种茎，贮存于地窖或室内沙藏，并保持温度在5℃左右较为适宜。于“春分”至“清明”，在东西畦向预先整好的1m平畦内，按行距20～25cm开约5cm深的沟，将种茎按12～15cm的株距摆于沟内，芽头向上，大个每穴1枚，小个2枚，覆土踏实。每亩用块茎50～60kg。

（2）种子繁殖　在整好的畦上，按12～15cm的行距进行条播，覆土约1.5cm。温度在20～25℃时，播后约10d即可出苗。冬季用厩肥覆盖畦面，保湿、保温，有利于幼苗越冬。翌年苗高5～10cm时，按株距15cm定苗，并隔1行去1行，间出的苗可再移到另一块地栽种。当幼苗高达6～9cm时，选择阴雨天或午后，将生长健壮的小苗，稍带土壤移栽入大田，株行距为15～20cm，栽后浇一次定水根，以保证成活。

3. 田间管理

（1）中耕除草　苗出齐后，应及时清除杂草，用特制的小锄进行中耕除草。宜浅不宜深，做到疏松表土即可，一般不超过3cm。株间杂草宜用手除去。第二次中耕除草在6月中下旬、旺盛生长的时候进行，可以适当加深。

（2）施肥　掌叶半夏喜肥，除施足基肥外，生长中期应结合中耕除草施一次稀薄人粪尿，每亩1 000～2 000kg。若基肥不足，可配施硫酸铵或尿素每亩10～15kg。生长后期可施粪肥并增施磷钾肥或饼肥30～50kg/亩，以促进后期养分向下运输。

（3）摘蕾　6～8月掌叶半夏肉穗状花序从鞘状苞内抽出时，除留种地外，生长期抽出的花序应全部摘除（不能用手拔，以免损伤植株，影响产量）以减少养分的消耗，促进地下部膨大。

（4）排灌水　掌叶半夏喜湿润阴凉环境，忌干旱，生长季注意保持地面湿润，雨水过多，要及时排水。

（5）间套作　掌叶半夏栽后，前两年生长较缓慢喜阴。间套作既可为掌叶半夏遮阳，又可以有效地利用土地。

4. 病虫害防治

（1）病毒病　5月份开始发生，为全株性病害。发病时，掌叶半夏叶片上产生黄色不规则的斑驳，使叶片变为花叶症状，同时发生叶片变形、皱缩，卷曲，变成畸形症状，使植株生长不良，后期叶片枯死。

防治方法：①选择抗病品种栽种，如在田间选择无病单株留种；②增施P、K肥，增强植株抗病力；③及时喷药消灭传毒害虫。

（2）根腐病　5～10月份发生。受害病株块茎腐烂，叶片枯死，蔓延甚快。

防治方法：①雨季排除地中积水；②炎热夏季的雨后及时浇井水降低地温；③夏季用多菌灵1 000倍液喷洒预防；④发现病株及时挖出烧毁，病穴用生石灰消毒。

(3) 红天蛾　以幼虫为害叶片，咬成缺刻和空洞，7～8 月发生严重时，把叶子吃光。

防治方法：① 在幼虫低龄时，喷药防治；② 忌连作，也忌与同科植物如半夏、魔芋等间作。

(4) 红蜘蛛　5～6 月间发生，于叶背吸食汁液使叶变黄色，影响生长。

防治方法：可用40%低毒乳剂1 500倍液喷杀。

5. 留种技术　掌叶半夏的种子寿命较短，应采用当年采收的新种子。当浆果成熟时采集，浸水搓揉，洗去果肉，捞出底沉种子洗净。采后即播，8 月上旬播种，或用湿润的细沙混合贮藏种子，至翌年的 3～4 月份再播种育苗。

（四）采收和初加工

1. 采收　于 9 月下旬至 10 月上旬收获。过迟，掌叶半夏块茎难去表皮。采挖时，选晴天挖起块茎，去掉泥土、残茎及须根。

2. 初加工　将采收的掌叶半夏的块茎装于筐内，置于流水中，用大竹扫帚反复刷洗去外皮，洗净杂质。未去净的块茎，可用竹刀刮净外表皮。然后用硫磺熏蒸，以熏透心为度，再取出晒干。经硫磺熏制后，块茎可保持色白，不易发霉和变质。加工时要戴手套，严防中毒。如出现皮肤红肿，可用甘草水擦洗解毒。

（五）市场行情

掌叶半夏的块茎为中药天南星的主要来源。天南星的年需求量在2 000～3 000t，亩产 300～400kg／亩。2008 年小个天南星 23～26 元/kg；2009 年 40～50 元/kg，2010 年高达 100 元/kg。各地天南星种植面积不大，产量有限，供需矛盾加剧，天南星行情后势看好。

十四、知母 *Anemarrhena asphodeloides* Bge. 栽培

（一）立地条件

知母多野生于海拔 200～1 000m 的向阳山坡、地边、草原和杂草丛中。土壤多为褐土及腐殖质壤土。适应性很强。生育期喜温暖、耐干旱，具有一定的耐寒性。对土壤要求不严。以肥沃疏松、土层深厚的沙质壤土最为适宜。选排水良好、土质疏松的林间地或山地、林缘地种植。

（二）药用植物分类特征

百合科知母属在世界和中国只有知母 *Anemarrhena asphodeloides* Bge. 这一个物种。别名地参、连母、野蓼、水参、货母、芪母、穿地龙等。为国内常用中药材，应用历史在 2 000年以上，亦为出口药材商品之一。药用部分为其干燥根茎。主要分布于内蒙古、河北、山西、黑龙江、吉林、辽宁。陕西、甘肃、宁夏、河南、山东也有分布。

（三）栽培技术

1. 整地 每亩施腐熟的厩肥2 000～3 000kg，饼肥40～50kg，P肥30kg，均匀撒入地内，耕地20cm深，整平做畦，畦宽130cm。

2. 种植方法

（1）种子繁殖 知母种子于大暑前后陆续成熟。采收后脱粒去净杂质，存放于通风干燥处备用。播种时间分为春播与秋播。春播于4月份进行；秋播在10～11月。在整好的畦内，按30～35cm行距开2cm深的沟。将种子均匀撒入沟内，覆土、搂平，稍镇压，浇水。保持地面湿润。20d前后出苗。每亩需种子1～1.5kg。秋播发芽率高，出苗整齐。

（2）分根繁殖 春栽于解冻后、发芽前，秋栽于地上茎叶枯黄后至上冻前进行。在整好的畦内，按行距30～35cm，株距15～20cm开穴，穴深7cm。将刨出的知母地下根茎剪去残茎叶及须根，把有芽头的根茎掰成4～7cm长的小段，每穴放一段，芽头朝上。覆土、浇水。也可在栽种前灌1次大水，再整地做畦栽种，但畦面不要过湿，以防烂根。每亩需种根茎90kg。

3. 田间管理 播种后，苗高3～4cm时松土锄草，苗高7～10cm时，按15～20cm的株距定苗。苗期如气候干燥，应适当浇水。用根茎分株栽培的知母当年生长较慢，应浇小水。翌年生长旺盛，需适当增加浇水次数。分根栽种的当年和种子直播的翌年，在苗高15～20cm时，每亩追施过磷酸钙20kg加硫酸铵10kg。在行间开沟，结合松土将肥料埋入土内。如不需留种，应及时剪去花葶。高温多雨季节，要注意排除积水。

4. 病虫害防治 知母的抗病害能力较强，一般不需用农药进行特殊防治。主要虫害有蛴螬，幼虫咬断苗或咀食根茎。可浇施50%马拉松乳剂800～1 000倍液。

5. 采收及初加工

（1）采收 栽培知母和野生知母均在春秋两季采刨。春季于解冻后、发芽前，秋季于地上茎叶枯黄后至上冻前。用镐将地下根茎刨出，去掉茎叶须根及泥土即为鲜知母。春秋两季适时采刨的鲜知母折干率高，质量好。野生知母一般以秋季收获为宜。因为春季发芽前不易发现，而发芽后采刨对商品质量有一定影响。栽培知母的收获期，用种子繁殖需4～5年，用根茎繁殖一般为3～4年。

（2）初加工 毛知母可采用晾晒法和烘干法。晾晒法是将收获的鲜知母放在阳光充足的空场或晾台上，边堆边摔打，每7d翻倒1次，如此反复多次，直至晒干，即为毛知母。一般需60～70d。烘干法是将鲜知母置于烘房火炕上，边烘烤边翻动，使其受热均匀，至半干时，取出放到晾台晾晒，拣湿度大的继续烘烤，至八九成干时，再晾晒，再次进行挑选。这样经过两进两出，即可干燥。烘烤不宜操之过急，防止烤焦。知母肉则趁鲜刮净外皮晒干即为知母肉。如阳光充足，一般2～3d可晒干。

（四）市场行情

知母在2000年价格比较稳定，基本保持在6元/kg左右，2001年12月滑落至2元/kg，2002～2003年多运营于2～3元/kg。价低药农调减了种植面积，2004年8月后市价回升至5元/kg，2005～2006年升至9元/kg，2007年9月进一步升至13元/kg，2008

年6月升至18元/kg。价高刺激产新，该年产新后市价回落，2009年初回落至12元/kg，此后价格稍有反弹，但产新后价格又回落至14元/kg。由于近几年价高，药农生产面积恢复，随着2010年春，来货逐渐增多，预计后市价格将总体呈现回落趋势。

十五、射干 *Belamcanda chinensis*（L.）DC. 栽培

（一）立地条件

射干喜温暖和光照，耐干旱和寒冷，对土壤要求不严，山坡旱地均能栽培，以肥沃疏松、地势较高、排水良好的沙质壤土为好。中性壤土或微碱性适宜，忌低洼地和盐碱地。前茬不严，但忌患过线虫病的土地。

（二）药用植物分类特征

中国射干有栽培种和野生种两大类型，但在植物分类学上同为一个种。野生种和栽培种均能入药。射干的原植物从历代本草上看，主要有花色红黄的射干和花色紫碧的鸢尾两种。但近代以来，尤其是现代，除四川等少数地区用鸢尾的根茎作射干药用外，全国大部分地区则用前者，故药典收载的射干即射干属植物射干的干燥根茎。射干在中国的分布范围较广，除新疆、西藏外，全国其他省（自治区）均有分布。其中，以湖北、河南等地为主要分布区。主产于湖北的黄冈、孝感，河南信阳、南阳，江苏江宁、江浦，安徽六安、巢湖。以湖北产的射干品质好，而河南的产量较大。

（三）栽培技术

1. 整地　整地时多施圈肥或堆肥，每公顷37 500～60 000kg，加过磷酸钙225～375kg，耕深16cm，耕平做畦。

2. 繁殖方法　多采用根茎繁殖，因为繁殖快，也可用种子繁殖。

（1）根茎繁殖　在早春挖出根，将生活力强的根茎切成段，每段有2～3个根芽，禁止单芽繁殖，因长势不好。剪去过长的须根，留10cm即可，按行距30～50cm，株距16～20cm栽，穴深6cm，芽向上，将呈绿色的根芽露出土面，其余全部埋入土中，浇水。根茎繁殖在生产中常用，生长快，两年即可收获，能保持纯品。每公顷用根茎1 500kg。

（2）种子繁殖　分育苗移栽和直接播种。

① 浸种　种子发芽率最高90%，种子繁殖出苗慢，不整齐，持续时间50d左右。种子采收后如果湿沙贮藏，种子发芽率高并且快，若采收后把种子晒干，发芽慢，持续时间长。晒干的种子播前要进行种子处理。种子在清水中浸泡一周，每天换一次水，除去空瘪粒，加上细沙搓揉，后用清水清洗除去沙，一周后捞出种子，滤去水分，把种子放入箩筐，用麻袋盖严，经常淋水保持湿润，温度在20℃左右，15d开始露白芽，一周后60%都出芽时，即可播种。

② 覆盖地膜　覆盖地膜是射干生产上的重要技术措施，而提高覆膜质量是搞好地膜覆盖栽培中的关键一环。地膜超薄易老化，且覆膜后受农事频繁操作的影响，易于破损，故覆盖作物有效时间最多1年，因此，在射干生产周期内每年要更换地膜。不论是育苗定

植，还是根茎栽种，盖膜的方法基本上是相同的，只是育苗定植因畦面上有苗株要在膜上破孔出苗和盖土封严苗孔，多两套工序而已。为了达到盖膜“平、紧、严”的标准，要先将地膜展开置于每畦苗株上，对着苗株开孔，然后套住苗株铺在畦面上。要注意使苗孔与根的部位对齐，以便在覆盖地膜拉平拉紧时，不致使苗与膜孔错位而损伤苗株，然后在畦面两侧和畦的两头培土，并封好苗孔。对覆膜大田要经常检查，及时封堵破损漏洞。射干在栽种后的第二年和第三年，覆膜时间应在1月中旬，以利提高地温，促使射干早出苗，早生长，延长生育期。覆膜前，应清除畦面上的废膜和一切杂物，随后松土深5～10cm，行间应深些，株间应浅些；同时，每亩施入复合肥30kg左右，在植株旁施下，并培土盖严。如土壤干燥，须浇透水，然后盖膜。

3. 田间管理

（1）中耕除草　移栽和播种要经常保持土壤湿润，出苗后要经常松土除草。春季勤除草和松土，6月份封垄后不要松土和除草，在根部培土防止倒伏。若不作种用的植株要及时摘掉花蕾，有利于根茎的生长。生长后期防止乱根，少浇水或不浇水，雨季注意排水。在北方越冬，应灌冻水。

（2）施肥　射干是以根茎入药的药用植物，故要多施P、K肥，可促使根茎膨大，提高药用部分的产量。根据其生长发育特点，每年应追肥3次，分别在3月、6月及冬季中耕后进行。春夏以人畜粪水为主，冬季可施土杂肥，并增施P、K肥。射干是耐肥植物，又是多年生草本植物，叶片肥大，每年均需大量的营养物质才能使其正常生长，因此，要重视追肥，确保生长之需要。为使射干在采收当年多发根茎，并促其生长粗壮，提高产量和质量，必须在生长前期、中期增施肥料，在后期控制肥水，即在7月中旬以前，在上述每次每亩同等施肥量的基础上再加施4～6kg，7月中旬以后不再施肥，一般不灌水，只有当土壤含水量下降到20%，植株叶片呈萎蔫状态时才灌溉。这样能促使当年萌发根茎膨大加粗，提高产量和质量。

冬季施肥：增施P、K肥，可有效增强植株的抗寒力。P是植物细胞核的组成成分之一，特别在细胞分裂和分生组织发展过程中更为重要；同时能促进根系生长，使根系扩大吸收面积，促进植株健壮生长，提高对低温的抗性。K能促进植株纤维素的合成，利于木质化，在生长季节后期，能促进淀粉转化为糖，提高植株的抗寒性。因此，为增强射干的防冻抗寒能力，在生长后期，即在霜降前1个半月内适当增施P、K肥，促其充分木质化，以便安全越冬。栽植翌年春天追肥，每公顷施人粪尿22 500kg，加过磷酸钙225～375kg作追肥，促使根部生长。

（3）摘薹打顶　在射干的生长期内，除育苗定植当年的植株外，均于每年7月上旬开花，抽薹开花要消耗大量养分。因此，除留种田外，其余植株抽薹时须及时摘薹，使其养分集中供于根茎生长，以利增产。据试验，摘薹打顶的可增产10%左右，除花蕾的仅增产5.6%。此外，在植株封行后，因通风透光不良，其下部叶片很快枯萎，这时就应及时将其除去，以便集中更多养分供根茎生长，提高产量和质量，同时，可减轻病菌的侵染。

（4）水分管理　射干不耐涝，在每年的梅雨季节要加强防涝工作，以免渍水烂根，造成减产。越冬期要浇防冻水，根据灌水防冻试验，灌水地较非灌水地的温度可提高2℃

以上。灌水防冻的效果与灌水时期有关。最好在立冬前一次灌透，可有效地防止冻害。

（5）秸秆覆盖　冬灌后，用稻草，麦秆或其他草类覆盖射干，可以有效预防冻害的发生。

4. 防病治虫　射干生长期的病害有根腐病、锈病、叶斑病和花叶病等。射干生长期的虫害有黄斑草毒蛾、大灰象甲、大青叶蝉、柑橘并盾蚧、地老虎、蛴螬、蝼蛄和钻心虫等。

（1）根腐病　拔除病株，病穴和病区用石灰粉进行土壤消毒，同时，用波尔多液喷洒植株。

（2）锈病　在幼苗和成株时均有发生，但成株发生早，秋季为害叶片，呈褐色隆起的锈病。发病初期喷95%敌锈钠400倍液，每7～10d喷1次，连续喷2～3次即可。

（3）柑橘并盾蚧　销毁虫株；用3%啶虫脒2 000～2 500倍液或48%乐斯本乳油1 000倍液每隔7～10d喷1次，连喷3次。

（4）地老虎　中耕除草；人工捕捉；还可用毒饵、灯光、粪土等诱杀。

（5）蛴螬　可用毒饵、灯光、粪土等诱杀；用25%对硫磷微胶囊500～800倍液浇灌。

（6）蝼蛄　合理灌溉。用毒谷防治。

（7）钻心虫　6月幼虫为害叶鞘前，用4.5%氯氰菊酯3 000倍液喷洒。

5. 采收和初加工

（1）采收　栽种后2～3年收获，在秋季地上部枯萎后去掉叶柄，把根刨出。

（2）初加工　地下根茎挖出后，洗净泥土，剪去须根，晒干或烘干即可。

（四）经济效益

射干多为家种，20世纪90年代前期价低，长期保持在4～7元/kg，药农少种。90年代后期，库存消化殆尽，产新无量，价格一路走高，1998年价格达到40元/kg；之后价格逐年降低，2000年市价在7元/kg震荡。2005年后，市场货源因连年减种，价格开始显著上涨，年底便升至19元/kg，2006年11月升至22元/kg，2007年7月升至39元/kg。2005年后，生产面积开始逐年恢复，2008年产新后，市场有所下滑，一直保持在22元/kg左右。2009年12月份，市场回升至24元/kg左右。该产品年销量600～800t，虽近年种植减少，但是需求也有限，预计后市价格将平稳上升。

本章参考文献

1. 曹广才，张金文等. 2008. 北方草本药用植物及栽培技术. 北京：中国农业科学技术出版社

2. 陈方江，张琳. 2005. 蒲公英人工栽培技术. 现代种业，（4）：23

3. 陈晶，张卫东. 2004. 桔梗人工栽培技术要点. 人参研究，16（4）：33

4. 程莉华，徐康康. 2009. 半夏人工栽培技术. 云南中医中药杂志，30（8）：24～25

5. 刁诗冬，徐杰，徐同印. 2004. 天南星栽培技术. 时珍国医国药，15（3）：189～190

6. 国家药典委员会．2005. 中华人民共和国药典（一部）．北京：化学工业出版社
7. 国家药典委员会．2010. 中华人民共和国药典（一部）．北京：中国医药科技出版社
8. 国家中医药管理局《中华本草》编委会．1999. 中华本草．上海：上海科学技术出版社
9. 李积．2008. 黄芩茶及黄芩种植技术．内蒙古林业，(9)：33
10. 李树强．2006. 中药材天南星无公害栽培技术．北京农业，(9)：17
11. 刘建晔．2005. 几种适宜果药间作的中药材种植技术要点．河北农业科技，(1)：5
12. 柳智勇，郭汇清．2009. 民和县西沟林场板蓝根林下种植试验．青海农林科技，(1)：85，98
13. 龙兴超，马逾英．2010. 全国中药材购销指南．北京：人民卫生出版社
14. 吕书敏．2008. 药用植物知母栽培技术．河北农业科技，(16)：10
15. 南诏科．2009. 果药间作栽培技术要点．致富天地，(10)：31
16. 彭玮欣等．2010. 远志的人工种植．农村实用技术，(6)：34
17. 任宝君，韩秀芹．2010. 苦参在幼龄梨园间作的效果分析与栽培管理．特种经济动植物，(10)：41～42
18. 任海涛．2009. 颍东区杨树与中药材复合经营模式浅议．江苏林业科技，36（3)：40～43
19. 王根宪，李孟军．2005. 早实核桃幼龄园合理间作技术．西北园艺：果树，(6)：20
20. 王嘉祥，郭广兰．2003. 苹果园间作薄荷试验．中国果树，(6)：9～10
21. 王嘉祥．2004. 薄荷间作高产高效栽培技术研究．中国农学通报，20（3)：204～205
22. 王嘉祥．2004. 薄荷幼龄果园间作栽培技术研究．江苏农业科学，(3)：67～68
23. 王俊英，郜玉钢．2011. 林药间作．北京：中国农业出版社
24. 吴连举．2007. 防风栽培技术．长春：吉林出版集团有限责任公司
25. 肖琳，于萍，杨霁虹等．2007. 豫南板栗林下套种百合不同栽植密度研究．河南农业科学，(4)：89～91
26. 杨尊峰，何红，王涛．2009. 杭白菊林下无公害栽培试验．山东农业科学，(5)：54～55
27. 余虹．2003. 苍术栽培技术．四川农业科技，(7)：28
28. 于熙明，王丽凤，刘立岩．2009. 天南星栽培技术．现代化农业，361（8)：29～30
29. 张美淑，全雪丽．2007. 远志丰产栽培技术．林业实用技术，(10)：36～37
30. 张志环，刘立波．2003. 防风栽培技术．特种经济动植物，6（5)：22～23
31. 赵喜进，赵帅．2007. 适宜林地间作的中药及栽培技术．北京农业，(5)：17～18
32. 赵玉玲，许国臣．2001. 林地知母栽培技术．河北林业科技，(6)：47～48

第四篇　林地间作

第一章　林粮间作

第一节　林粮间作的意义

一、林粮间作的范围

随着人口的增长，土地资源的强度开发，带来了一系列生态环境和经济发展受阻问题，如粮食不足、能源紧张、水土流失严重、农民人均增收困难等，严重影响着广大农村的生态建设和经济持续发展。因此，建立具有生物多样性的人工生态系统或通过丰富农林牧渔的多种经营组合，来实现生物多样性和经济需求相结合的目的，已成为现代生态学研究的热点之一。

林粮间作指利用粮食作物与林木在生长发育过程中存在的时空差别，将其进行科学、合理搭配，组成一个在同一地块上种植的粮食与林木生长周期相异的复合群体。林粮间作中，林木通常以幼林为主。这是由于新造的幼林，特别是在种植后的前几年，常常树体矮小，根系入土浅，生长缓慢，易受各种不良环境因素的侵害，成活率低，生长不稳定。因此，与粮食作物间作，可以以耕代抚，疏松土壤，消除杂草，合理利用土地，以短补长，实现粮林双丰收。林粮间作也可在成林的林间和林缘进行。

林粮间作范围广阔，涉及平原农区、平原林区，几乎遍及全国各地。如华中和华北等地普遍推行泡桐树下间作小麦、杨树林间作小麦等。在退耕还林地区严禁开展林粮间作。这是因为：一是退耕还林地间作的粮食作物与林木争光、水、养分等，不利于林草的生长，不利于生态的恢复；二是粮食作物的经营，不利于林下灌、草植被的天然恢复；三是退耕还林地套种的粮食作物必须翻耕、松土等，这将会造成新的水土流失，与退耕还林、改善生态环境目的相违背。因此，应按照国务院2002年《关于进一步完善退耕还林政策措施的若干意见》以及《退耕还林条例》相关规定，为确保地表植被完整，减少水土流失，更好地巩固退耕还林成果，退耕还林后禁止林粮间作。

二、林粮间作的目的

林粮间作同地生存，能充分利用光、热、水、气、土、肥等自然资源，而且林木的种植对粮食作物又起到防风固沙、防冻害及高温等天然屏障作用，达到林粮优势互补，互惠互利，既保证林粮双丰收，还可减轻水土流失，兼顾生态效益、社会效益和经济效益。

（一）林粮间作增效机理

以河北省廊坊市文安、大城一带林麦间作为例。

1. 对光、热、水等资源利用充分

（1）光照利用　据调查，小麦、玉米两茬平作亩产量之和为1 000kg的地块，全生育期的光能利用率为1.7%，而枣粮间作的一亩地块小麦、夏玉米、枣树的产量各500kg，光能利用率为2.1%。由此可见，枣粮间作的种植形式全生育期光能利用率高于小麦、玉米平作种植形式，而且光照质量对小麦而言还优于平作田。

（2）积温利用　林粮（粮果）间套作中小麦全生育期225d，需要积温2 050℃；夏玉米全生育期90d，所需积温2 175℃，枣树年生长期180d，需积温3 875℃，枣、小麦、玉米重复利用积温8 100℃，热量重复利用率166.7%。若单纯农田种植小麦、玉米，则减少了枣树3 875℃有效积温的利用，造成资源浪费。林粮（粮果）间套作积温利用率高，还在于其对热量资源的错季利用。从枣树、杨树2种树种与小麦的间作形式看，小麦在当年的10月上旬播种，于11月下旬地上部分停止生长。翌年3月上旬开始返青，6月上旬成熟，而这2种树木多以小麦播种前后落叶，翌年4月上旬杨树长叶，5月上旬枣树开始长叶，前后可以多利用约3个月的热量资源，加之林麦共栖期对热量的立体利用，使热量资源达到了充分利用的程度。

（3）水资源利用　林粮（粮果）间套作，虽然有相互间争水的一面，但林果树木对农作物也有保水的作用。同时，在发生涝灾的情况下，林果树木通过强大的生物排水功能，减轻农作物的受灾程度。

2. 对农作物防护作用优于其他防护林

（1）防风作用大　林粮（粮果）间套作由于间作地改变了单纯树木及单纯农作物原有的通风结构，加大了气流的摩擦力，阻挡了间作地内的乱流，消耗了风的功能，因而降低了风速，减轻了风灾对农作物的为害。如枣粮间作，大风穿过第二行枣树时，风速降低51%，穿过第八行枣树时，风速降低55%，穿过第十六行枣树时，风速降低了74%，平均降低64%；杨粮间作平均降低风速58%。

（2）抗干热风作用强　华北平原小麦灌浆期，常受到干热风的为害，造成小麦早衰减产。林粮（粮果）间作能抗御干热风的威胁。经观测：枣粮间作地可以降低温度1.2～5℃；提高相对湿度5%～10%，减少蒸发量8%～44%；杨粮间作，可以降低温度1～2℃，提高相对湿度6%～11%，与空旷地相比，大大减轻了干热风对小麦的为害，一般能使小麦增产10%～20%。

3. 林粮间作由于根系分布不同，可以全面利用土壤养分　经观测，一般农作物根系多集中于土壤表层0～40cm土层中，以5～30cm最多。杨树为深根性树种，稠密的根系集中在30～120cm深的土层中，且侧根斜下生长，所以，林与粮之间互相争夺养分的矛盾较小。同时，树木和农作物间作可以吸收不同层、不同部位、不同类别的养分，树木行间耕作层的养分，主要被农作物吸收利用，深层和渗漏到耕作层以下的养分被树木所吸收利用，并能将随水分下渗转换为地下水径流而可能消失的养分吸收利用，尤其是树木能够吸收利用农作物难以利用的土壤中许多难溶性的矿物质元素。同时，树木落的枯枝败叶，

经腐烂后又可转变为肥料，被其自身和农作物再利用。

4. 林粮间作种植优势互补，可以获得良好的经济效益　林粮间作能提高农作物抵御旱、涝、风、雹等自然灾害的能力，且优势互补、互惠互利，具有双向的增产与保产作用。林木给农作物创造了良好的生长环境，一般农作物增产10%～20%；林木又处于农作物的“边行优势”上，与同类林木在自然资源的竞争方面很小，而且农作物的肥水管理及耕作使林木生长兼受其益。所以，林粮间作生长条件优于平作及林地，从而使林木生长速度加快。

此外，林粮间作还有重要的保产作用。由于间作地内产出的种类多，避免了单纯农作物丰歉年造成的损失，又增加了林果地的短期效益。

（二）林粮间作经济效益、社会效益、生态效益显著

农林复合经营在中国有悠久的历史，广大的华北平原和中原地区是农林复合经营类型非常丰富的地区之一，而林粮间作是最为普遍的类型。据统计，有150种以上的树木适合林粮间作，泡桐、杨树、枣树为突出代表。林粮间作可以增加幼林地的覆盖率，减轻水土流失，保护和建设基本农田，提高粮食产量、促进幼林的生长，实现林粮双丰收。农林复合生态系统符合重建生态学与丰富生物多样性的原则，成为当前生态农林业的主流。

华中、华北等地的杨麦间作或桐麦间作中，杨树一般（2m×2m）×（10～15m），每亩种植杨树25～30棵，桐树一般株距20～40m，每亩种植5～6棵为宜。1～2年的杨树和泡桐基本不与小麦争肥水。特别是在华北，小麦生长后期容易发生干热风为害，造成不同程度的减产。杨麦或桐麦间作，与小麦单作相比，林粮群落中5月份风速降低30%～40%，气温略降低，日蒸发量减少，土壤5cm深处含水量增加，有效地减轻了干热风的为害，利于小麦灌浆增加粒重。

东北地区落叶松与大豆间作。研究表明，落叶松与大豆间作使土壤酸度提高，有机质含量增加，全N、速效N、P、K的含量均有所增加，其中，因大豆的固N作用而使间作林土壤中N素含量增加尤为明显。间作林下0～15cm和15～30cm土壤有机质的提高，对提高土壤肥力和树木的生长是十分有利的。间作林的土壤容重0～15cm土层为1.18～1.19g/cm^3，对照为1.2g/cm^3，而土层15～30cm的土壤容重为1.22～1.23g/cm^3，对照为1.26g/cm^3，间作林土壤容重均低于对照林。因而间作林土壤通气性增加，保水性增强，利于落叶松根系从深层吸水。

苏北地区杨树与粮食作物间作和泡桐与粮食作物间作地的土壤理化性质均优于对照地土壤理化性质；土壤各理化性质间密切相关；土壤全N、全P、有机质含量等都随土壤深度的增加而减少。实施林粮间作对改善土壤的理化性质及增加土壤肥力是有效的。

由此可见，林粮间作是节本增效，特别是实现节约利用水资源、改善生态环境，最终促进农业增产增收的有效途径，尤其是在水资源日益匮乏的广大华北地区显得极为重要。

三、林粮间作的适宜树种

按照林种的主要功能和经济用途，主要林种分为防护林、用材林、经济林、薪炭林、特用林、四旁树等。林粮间作主要应用于用材林、经济林。国务院2002年《关于进一步

完善退耕还林政策措施的若干意见》和《退耕还林条例》中都有明文规定，为确保地表植被完整，减少水土流失，更好地巩固退耕还林成果，退耕还林后，禁止林粮间作。

林粮间作的用材林树种有杨树、泡桐、杉木、栎和落叶松等。在林下或林间，以幼林间作粮食作物；在成林的林间和林缘，也可有条件地进行林粮间作。

经济林适宜树种有苹果、梨、枣、杏、桃、山楂、核桃和银杏等，经济林与粮食作物间作在本书第三篇第一章果园间作中的果粮间作部分已有描述。

四、适于间作的粮食作物

林粮间作必须做到不产生新的水土流失，不影响幼林和粮食作物生长发育，间作必须选抗逆能力强、产量稳定、有一定经济价值的作物。林下间作粮食作物，应选择植株矮小、地表覆盖率高、有一定耐阴性的作物，如小麦、谷子、大豆、红小豆、绿豆、豌豆、马铃薯、甘薯等。

玉米、高粱等作物不适合林下间作。玉米、高粱等作物生长势强，植株发育旺盛，叶片宽大，根系发达，与幼树争夺水分、养分、光照和发育空间。尤其新栽种的林木，处在缓苗或营养生长和生殖生长并进期，由于高秆作物的影响，幼树生长受到抑制。

五、实施条件

林粮间作要求土壤质地以沙壤或轻壤为宜，pH 值以 5.5 ~ 7.5 为好。耕作层深厚，结构良好，有机质丰富，养分充足，土壤通气性与保水性良好的土壤。林粮间作，由于粮食生产中播种、管理、收获等农事环节比较集中，若没有机械作业和好的灌溉条件，将会给粮食作物大面积生产造成一定程度的损失，对林木的管理也不利。因此，林粮间作地区应具备机械作业条件和良好的灌溉条件。

第二节 林粮间作的主要类型

一、杨树间作小麦

杨树与小麦间作，农田中按照一定的株距、行距种植部分杨树，能充分利用光、热、水、气、土、肥等自然资源，调节田间小气候，还可改良土壤和防止麦田干热风的为害，有利于用地养地相结合，是实现农业可持续发展、大幅度提高林木覆盖率的有效途径。杨树与小麦间作范围广阔，涉及平原农区，平原林区，几乎遍及全国各地。在退耕还林地区严禁开展杨麦间作。以河北中南部为例介绍杨麦间作。

（一）立地条件和应用地区

杨麦间作要求耕作层土壤深厚，结构良好，有机质丰富，养分充足，具有良好的土壤通气性与保水性，间作地区应具备机械作业条件和良好的灌溉条件。具体条件是：

1. 土层厚度 有效土层厚度大于 1m。

2. 土壤质地较轻 若黑杨派树种（如欧美杨和美洲黑杨品种）以轻壤土和沙壤土最好，中壤和紧沙次之；白杨派树种（毛白杨）可在较重土壤上生长。

3. 地下水位 应在1.5m左右，生长期内地下水位应在1m以下，不低于2.5～3m。

4. 土壤养分含量较高 达到中等地力要求。最低要求有机质含量 > 0.4%，全N > 0.03%，有效N > 15mg/kg，速效P > 2mg/kg，速效K > 40mg/kg。

5. 土壤无盐碱或轻度盐碱

（二）间作林地的农田小气候变化

据河北农业大学研究，通过4年对农田小气候的测定，杨粮间作条件下农田小气候发生了明显的变化，与对照相比，毛白杨幼体使间作田平均气温下降1.0～1.2℃，湿度提高4.1%～12.2%，风速降低32.1%～59.8%；而毛白杨成林对间作农田也有相似的结果。另一方面，由于林木的不断生长，对农田的遮阳也逐步加重。为保证间作产量，林木行距20m左右时，间作不超过6年，30m行距时，间作不超过10年，并且，为保证间作的稳定性和长期性，建议实行大行距（30m以上）的间作方式。

另据河北省廊坊南部生产实例研究，杨麦间作除充分利用光热资源外，还可改善田间小气候。一是树木滞留雨水，增加空气湿度，减少土壤水分的蒸发，特别是在大雨的情况下，可以减少地表径流，避免水资源的浪费。二是杨麦间作削弱了风速，杨粮间作平均降低风速58%，使空气对流速度降低，从而使土壤的蒸发量降低。间作地内比平作地可以减少蒸发25%～34%，利于防范干热风的侵袭。三是树木能够吸收深层的水分，通过枝叶蒸腾散发出来，因此，间作地内相对湿度比平作地提高4%～10%，可以降低温度1～2℃，与空旷地相比，大大减轻了干热风对小麦的为害，一般能使小麦增产10%～20%。同时，在发生涝灾的情况下，树木通过强大的生物排水功能，减轻农作物的受灾程度。四是林粮间作由于根系分布不同，可以全面利用土壤养分。经观测，一般农作物根系多集中于土壤表层0～40cm土层中，以5～30cm最多。杨树为深根性树种，稠密的根系集中在30～120cm深的土层中，且侧根斜下生长，所以，林与粮之间互相争夺养分的矛盾较小。

（三）间作系统的杨、麦配置方式

杨树与小麦间作，杨树的株行距配置是依据以杨树为主的生产经营目的来确定的。形式较多，主要如下。

1. 培育中小径材 以林为主的杨树株行距可采用2m×4m、2m×5m等，采伐年限为5～6年。间作农作物3～4年。

2. 培育中径材 以林为主的杨树株行距可采用3m×5m、3m×6m、3m×7m、3m×8m，采伐年限为8～9年。间作作物5～7年。

3. 培育大径材 以林为主的杨树株行距可采用4m×10m等，采伐年限11～12年，间作作物可8年。

以河北省中南部为例。

为解决杨麦间作中杨树与小麦争光问题，杨树种植以南北行向为宜，采用2m×2m×10m，即两行杨树，株行距均为2m，中间空地为15～20m，平均30棵/亩，在空地里种植

小麦，下茬可接种大豆、红小豆等其他作物。

（四）杨树的栽培管理

杨树的栽培技术是提高造林成活率和造林质量的重要措施。栽培技术主要有树种选择、适宜栽植期、水肥管理、苗木修枝管理等。

1. 树种选择 选用适应性强、品质好、生长健壮的速生林苗木，如欧美杨107或廊坊杨等，胸径达2~3cm。试验证明，选用2年根1年干或2年根2年干，高4.5m以上，胸径3.5cm以上的黑杨苗木造林，不但缓苗期短，而且生长快，抗灾害能力强，成材早，出材量高。壮苗指标为根系完整发达，苗木粗壮，枝梢木质化程度高，有饱满充实的顶芽，无机械损伤，无病虫害。

2. 苗木处理 在杨树苗木的起苗、运苗、栽植的各个环节，都要严格注意苗木的水分散失问题。在起苗环节应做到先灌水后起苗，苗木起运中，要注意保护好根系，使根系完整、新鲜、湿润，尽量随起随运随栽。不能及时栽植的苗木，要妥善进行假植保管。欧美杨的一些无性系，在栽植前，用清水浸泡1~2d。为保持苗体的水分，可剪去全部侧枝。

3. 适期栽植 春季和秋末冬初（10月底至11月中旬），正当杨树落叶后及萌发前，均是杨树的适宜栽植期。但美洲杨树的一些无性系如T26、T66等，应在春季适当晚栽，待树液流动，芽即将萌动时的3月中旬至4月初为这些杨树的适宜栽植期。若人工挖坑为80cm×80cm，若机械则为直径60cm的圆形坑，每坑施有机肥1kg，化肥0.2kg，填土后浇透水，以利于缓苗。在比较黏重的土壤和低洼地，则不宜深栽。

4. 水肥管理 杨树是速生树种，对水分的要求较高。杨树适时灌溉既能提高造林成活率，又能提高杨树的生长量。灌溉次数和灌水量视天气和土壤情况而定。夏季注意防旱、排涝。林木栽植前几年，也可结合小麦的冻水、起身拔节水、灌浆水等一年3~4水。每年的11月上中旬结合小麦的冻水浇一次冻水，以利于安全越冬。追肥应在树木株间或行间进行，如这次在株间，下次应在行间进行。或呈“品”字状追肥（即在树下株行间各挖一长50~60cm、宽15~20cm、深15cm的浅沟，将肥撒入其内）。追肥应离开树干至少40cm，肥料要均匀分布，不能太集中，盖土深度要不低于15cm。追肥时可根据土壤情况适当掺施微量元素，如黑矾、Zn肥、K肥等。如果遇到大旱年份，应少追或不追。一般每年5~6月在杨树的生长旺期追两次肥。每次施肥量尿素55~110kg/hm^2。9~10月不施肥浇水，造林当年可晚施、少施，随着林木树龄增加可适当多施。

5. 松土除草 林木郁闭前，每年除草至少两次，与小麦等农作物田间中耕管理相结合进行。林木郁闭后可适当减少除草次数。在农林间作期间不专门为林地松土除草，停止间作后每年至少要松土除草1~2次，以使土壤保持疏松透气，防止土壤板结，利于林木生长。

6. 加强苗木管理 适时修枝可以提高树干质量，利于培育干形圆满的优质良材。植苗时修去苗木的全部侧枝，造林后1~3年的幼苗在缓苗后前三年生长期内，不需要大量修枝，只需修去主干竞争枝与主干夹角小于45°的粗大侧枝及影响树下管理的低矮细小侧枝即可。修枝应在树木发芽前完成。对4年以后的树木，要逐步修除树冠下层生长衰退的

枝条，使树冠长度与树高大致保持在较适宜的比例，即树高10m以上时，冠高比2/3，树高20m以上时，冠高比1/2，树高25m以上时，冠高比1/3。

（五）间作小麦的栽培管理

1. 确定适宜播期　从积温需求看，小麦播种到出苗需要0℃以上积温120℃左右，出苗后冬前主茎每长一片叶平均需积温75℃左右。按小麦冬前达到5～6叶为壮苗指标计算，需要积温495～570℃。河北中北部地区小麦最佳播期应为10月1～8日。中南部播期为10月5～15日。在调整后的最佳播期内播种，播种量基本不变，中北部控制在10～15kg/亩，中南部8～10kg/亩。超过最佳播期范围，每晚一天增加0.5kg/亩播种量，最多不超过22.5kg/亩，以确保足够的基本苗数。

2. 打好种植基础

（1）选用优良品种　针对全球变暖的大趋势，河北中北部小麦品种应选用已审定的冬性较强、生育期相对较短的高产、稳产、多抗的冬型小麦品种。如轮选987、中麦175、京冬12、京冬17、京0045等。而冀中南应选择节水高产的石麦15、石新828、石麦18、衡4399、衡观35、冀5265、邯6172等品种。

（2）增施有机肥　生产实践表明，秸秆还田、增施有机肥不仅提高土壤有机质含量，改善土壤团粒结构和理化性状，促进土壤中的养分分解，减少流失，还能有效增加土壤接纳自然降水和保持土壤水分能力。采用秸秆还田的地块一是注意玉米秸秆必须充分粉碎，粉碎不细籽粒极易播到秸秆上，造成缺苗断垄；二是每亩增施底尿素肥料5～10kg，满足秸秆腐烂所需，从而避免因秸秆腐烂而使麦苗脱肥变弱。不能实现秸秆还田的地块，一般亩施优质粗肥2～3m^3，为小麦根系发育创造良好条件。

（3）深耕精细整地　目前多数麦田采用小拖旋耕或浅耕，长此下去，则土壤板结严重，直接影响根系下扎和对土壤养分的吸收，不利植株生长。而深耕加上精细整地，能加厚土壤活土层，增强耕作层的通透性，提高土壤保肥保水能力，充分发挥肥水作用，同时，还有利于消灭杂草种子和病虫菌源，有利于实现苗齐、苗匀、苗壮。在合理施足底肥的基础上，建议隔2～3年深耕一次，耕深达到20cm以上，同时，耕透耙细，整平，达到土壤上虚下实，为小麦全苗打下基础。

（4）平衡施用化肥，足墒足肥下种　当前麦田N肥用量普遍偏高、K肥不足，特别是高产田养分失衡问题比较突出。因此，在施足有机肥基础上，化肥要做到减N、稳P、增K、补微量元素平衡施肥。一般高产麦田N肥底施和追施的比例为5∶5～4∶6，中产麦田6∶4，P、K肥全部底施。具体是高产麦田亩底施二铵20～25kg，尿素5kg，K_2SO_4 10kg，$ZnSO_4$ 1.5kg；中产麦田则亩底施二铵15～20kg，尿素5kg，K_2SO_4 10kg，$ZnSO_4$ 1kg。

小麦出苗的适宜土壤湿度为70%～80%，通过播前灌足底墒水，调整土壤贮水，有利于形成壮苗，为推迟春季浇水时间，达到节水目的打下基础。为此，小麦播前一定要做到土壤底墒充足，足墒下种。

（5）药剂拌种　例如，廊坊市小麦在播种出苗阶段常常有金针虫、蝼蛄等地下害虫的为害，特别是近几年暖冬气象条件，使地下害虫为害期相对延长，造成麦田缺苗断垄。

因此，要从播种做起，搞好药剂拌种，确保一播全苗。用50%辛硫磷乳油1kg，加水30～50kg可拌种500kg以防治地下害虫。

防虫的同时还要防病，即用12.5%禾果利或50%多菌灵可湿粉剂按种子量的0.25%～0.3%拌种，能有效防治小麦白粉病、黑穗病、纹枯病等病害。

（6）适当窄行种植　小麦缩小行距、适当密植可有效增加农田覆盖率，减少水分蒸发，有利保水。结合生产实践，一般采用15cm等行机械播种。播深控制在3～5cm。要求机手作业要力求均匀行走，不能过快或过慢，以保证小麦出苗均匀。

3. 适时浇好冬水　麦田冬灌的主要目的是平抑地温，防止冻害，保苗安全越冬。同时麦田冬灌还可以做到冬水春用，为翌年春季管理争得主动，更为实施节水栽培、推迟春季第一水打下基础。河北省2009～2010年的冬季低温，2010～2011年的冬季严重干旱，给小麦正常越冬带来了严重威胁，而浇了冬水的麦田死苗极少，这再次证明了冬水的作用。冬灌的适宜平均气温在3～5℃为宜。通常冀中北地区冬水在立冬始到小雪节结束，建议集中时间为11月15～25日。冀中南应根据墒情状况考虑冬水。

4. 突出节水科学春管

（1）早春进行中耕锄划　已浇过冬水的麦田或冬季有较大降雪的麦田，入春后土壤墒情比较好，此时影响小麦生长发育的主要因素是温度。因此，要积极采取返青期中耕、锄划等措施，做到划细、划匀、划平、划透，尽快提高地温，促进根系生长，促苗早发。

（2）搞好化学除草与化控　廊坊市麦田杂草主要有播娘蒿、荠菜等阔叶杂草，每年都有一定的发生面积，尤其是在春季气温回缓较快的年份与小麦争水、争光、争养分，不利小麦正常生长发育，因此，必须加强麦田杂草的除治工作。在小麦返青至起身期用10%麦乐8g或70%杜邦巨星1g加水30～40kg或72%2，4－D丁酯50ml加水40～50kg进行均匀喷雾，不得漏喷，注意避免风天操作。

对个别群体偏大、旺长有倒伏危险的地块，在小麦起身后用200mg/L多效唑30kg全田喷雾，或亩用中国农业大学生产的“壮丰安”植物调节剂40g，加水30～40kg全田喷雾进行化控，注意喷均，不重喷、不漏喷。

（3）科学运用春季第一水　春季肥水的运用上要因地制宜，节约用水。对壮苗（越冬前亩总茎60万～80万株）麦田，春一水在起身末拔节初实施，即3月下旬，并随水亩追尿素15kg；二水在挑旗至抽穗期（4月20～25日）施用，随水补施5～7kg尿素/亩；对群体偏大旺苗（越冬前亩总茎超90万株）麦田第一水要推迟至拔节中期（4月15～20日）一次性追施尿素N肥15～20kg/亩，促进分蘖两极分化，达到麦角干净利索；对群体较少（亩总茎50万株以下）麦田要在锄划提温保墒基础上，当新根和分蘖长出后，再进行第一次肥水，时间要掌握在起身期（3月15～20日）进行。凡浇过水的麦田要及时进行中耕松土保墒。

5. 加强后期管理

（1）浇好扬花水　小麦抽穗后3～5d进入扬花期，这一时期对土壤水分要求敏感，一旦遇到干旱很容量引起植株早衰，小麦败育，降低小麦结实率。而且，在这一时期降水偏少，气温偏高，蒸发量大，常出现干旱，有时还出现干热风，对籽粒及产量影响很大。

因此，在小麦开花期没有降水，土壤比较干旱的地区，应在开花期浇好灌浆水，保证小麦正常扬花灌浆。但要注意天气变化，做到无风抢浇，有风停浇，防止倒伏。

（2）搞好一喷三防措施　小麦进入生长后期，由于受高温干旱等天气影响，容易发生小麦蚜虫、黏虫、白粉病等病虫害，对产量影响很大。因此，在小麦生长后期根据病虫发生时间早晚及防治标准，及时抓好小麦一喷三防措施的落实。防治方法：每亩用5%吡虫啉50ml加50%多菌灵纯品100g加磷酸二氢钾100g加水60kg，混匀后喷雾，以有效防虫、防病、防干热风，保障小麦正常成熟、提高粒重，增加产量。根据植保部门的病虫预测预报，加强病虫害防治。详见第四章部分。

6. 适时收获　小麦收获最佳时间为蜡熟末期至完熟期。收获标准是：直观全田，植株已变黄色，叶片黄枯，茎秆尚有韧性，穗子及穗下茎变黄色，最上一个节及附近叶鞘仍稍带绿色，整个植株呈黄、绿、黄色三段，籽粒颜色接近本品种固有的光泽，蜡质较为坚硬，但可用指甲切断。此时，籽粒灌浆完全停止，籽粒千粒重达最大值，含水率达22%左右。

7. 小麦主要虫害、病害及防治

（1）地下害虫　主要有蛴螬、金针虫、蝼蛄等。其为害特点是从小麦播种后即开始为害种籽、嫩芽和幼苗根茎，造成缺苗、断垄，甚至毁种。防治方法主要有：

①农业防治　精耕细作耕翻土壤，破坏地下害虫滋生繁殖场所。作物茬口合理布局、适当调整播期、合理施肥、适时灌水和及时除草等可压低虫口密度，减轻为害程度。

②化学防治　化学防治是防治地下害虫的主要措施。施药方式有拌种、土壤处理、毒谷（饵）、药剂喷洒等。常用的药剂有辛硫磷等。秋播拌种可用50%辛硫磷乳油1kg加水50～100kg，拌麦种500～1 000kg。其他拌种药剂还有50%甲胺磷乳油等。土壤处理施用的药剂也多以辛硫磷为好。在冬小麦返青期如有金针虫为害，每亩用50%辛硫磷乳油250～300ml，结合灌水施入土中，有良好保苗效果。毒谷（饵）主要用来防治蝼蛄，兼治蛴螬和金针虫。

③物理机械防治　主要是诱杀、人工捕杀。

（2）麦蚜　麦蚜是小麦重要虫害。刺吸小麦叶、幼茎和穗，并可传播多种麦类病毒病。主要种类有麦二叉蚜、麦长管蚜、禾谷缢管蚜。河北省麦田为害严重的蚜虫种类是麦长管蚜。其为害特点是刺吸小麦叶、茎、穗汁液的同时分泌毒液，影响个体发育，传播病毒。致麦苗黄枯或不能拔节，生长缓慢，分蘖减少，千粒重下降，严重的麦株不能正常抽穗，直接影响产量。防治方法主要有：

①农业防治　注意作物布局，削弱或中断麦蚜与黄矮病的寄主桥梁作用，如旱地冬麦区推行冬麦、春玉米、油菜的间作套种，还可有利天敌的转移控蚜；增施N肥，清除杂草；选用抗虫品种；大力推广一体化种植模式，适时集中播种，适时晚播，早收。

②化学防治　一般可用50%灭蚜松乳油加水5kg，喷拌50kg麦种，堆闷12h后播种。防治穗期蚜害，可选用速效、低残留农药喷施，每亩可用50%抗蚜威可湿性粉1 500倍液喷施，或用抗蚜威、灭幼脲、粉锈宁混施，兼治黏虫、锈病和白粉病。适期掌握在小麦扬花后麦蚜数量急剧上升时防治。

（3）小麦吸浆虫　中国小麦上发生的吸浆虫有麦红吸浆虫和麦黄吸浆虫两种。河北

省以麦红吸浆虫为主。2006 年，仅河北省廊坊地区小麦吸浆虫发生面积就有 2.9 万 hm^2。其为害特点是以幼虫潜伏在颖壳内吸食正在灌浆的麦粒汁液，造成秕粒、空壳，是一种毁灭性害虫。一般发生年份常减产 20%，猖獗年份减产 40% ~50%，个别严重地区减产 80% ~90%甚至绝产。防治方法主要有：

①选用抗虫品种　不同小麦品种，小麦吸浆虫的为害程度不同，一般芒长多刺，口紧小穗密集，扬花期短而整齐，果皮厚的品种，对吸浆虫成虫的产卵、幼虫入侵和为害均不利。因此，要选用穗型紧密，内外颖毛长而密，麦粒皮厚，浆液不易外流的小麦品种。

②化学防治　土壤处理可在小麦播种前、小麦拔节期、小麦孕穗期以药制成毒土施用，边撒边耕，翻入土中。毒土配制：4.5%甲敌粉，4%敌马粉，1.5%甲基 1605 粉，亩用 2 ~3kg，或用 50%辛硫磷乳油 200ml，加水 5kg 喷在 20 ~25kg 的细土上制成毒土。

成虫期药剂防治 在小麦抽穗至开花前，用 2.5%溴氰菊酯3 000倍液；40%杀螟松可湿性粉剂1 500倍液等喷雾。

（4）小麦红蜘蛛　小麦红蜘蛛，也称麦蜘蛛、火龙、红旱、麦虱子等，主要有麦长腿蜘蛛和麦圆蜘蛛两种。麦蜘蛛春秋两季为害麦苗，以成虫、若虫吸食麦叶汁液，受害叶上出现细小白点，后麦叶变黄色，麦株生育不良，植株矮小，严重的全株干枯，麦田成片枯黄色，发生发展极为迅猛。秋苗受害后，抗寒力降低。防治方法主要有：

①农业防治　采用轮作倒茬，合理灌溉，麦收后浅耕灭茬，冬春进行灌溉，破坏其适生环境等措施降低虫源，减轻为害。

②化学防治　2.0%阿维菌素乳油 10 ~20ml/亩；15%哒螨灵乳油 20ml/亩；15%扫螨净乳油 15 ~20ml/亩，任选一种加水 30 ~45kg 常规喷雾。

（5）小麦锈病　小麦锈病包括 3 种。

小麦条锈病：主要为害叶片，其次是叶鞘和茎秆，穗部、颖壳及芒上也有发生。破坏叶绿素，造成光合作用效率下降，掠夺植株养分和水分，增加蒸腾量，灌浆受阻，粒重下降。夏孢子堆鲜黄色，椭圆形，与叶脉平行，且排列成行，小麦近成熟时，叶鞘上出现圆形至卵圆形黑褐色冬孢子堆，埋伏在表皮内，成熟时不开裂。

叶锈病：一般只发生在叶片上，夏孢子堆小而圆，红褐色，排列不规则。叶正面发生较多。冬孢子堆生叶背面，椭圆，深褐色，不突破表皮。

秆锈病：主要发生在叶鞘和茎秆上。夏孢子堆大，长椭圆形，深褐色，排列不规则，连成片，表皮很早破裂。冬孢子堆黑色长圆形，后期表皮破裂。

3 种锈病可用“条锈成行，叶锈乱、秆锈是个大斑点”来直观地概括。

小麦锈病靠气流传播，因此，要贯彻“预防为主，综合防治”的植保方针，坚持“长短结合、标本兼治、分区治理、综合防治”的策略，以越夏区治理为基础，以冬繁区控制为关键，以流行区预防为重点，统筹规划，全面推进。

① 选育抗病品种，抗好合理布局　应着力选育和推广应用小麦抗锈病品种，并做好抗病品种的合理布局，降低防治成本。

② 适期晚播　避免过早播种，以降低秋苗期锈病的发生。

③ 合理施肥灌溉，加强田间管理　增施有机肥，N、P、K、微肥合理搭配，浇关键水，构建合理群体结构，增强麦苗抗逆抗病性。做好中耕除草，及时除治自生麦苗。

④ 选用高效药剂，搞好化学防治

拌种：一是在秋苗锈病常发生区，可使用15%保丰1号种衣剂进行种子包衣。二是用20%三唑酮（又名粉锈宁、粉锈灵或百理通）乳油或25%三唑酮可湿性粉剂种子量的0.15%～0.2%或15%三唑醇（羟锈宁）种子处理干粉剂种子量的0.2%～0.25%拌种，播种后45d防治效果仍达90%左右。可兼治白粉、腥黑、散黑穗病等，注意不要超过药量。

喷雾：每亩用15%三唑酮可湿性粉剂80～100g或25%烯唑醇可湿性粉剂30～40g或12.5%烯唑醇悬浮剂40ml加水50kg，根据发病早晚和流行快慢，确定喷药次数。

⑤ 加强锈病预测预报，指导田间药剂。

（6）小麦白粉病　小麦白粉病主要发生在叶面上，也可发生在植株叶鞘、茎秆和穗上。一般叶正面的病斑比叶背面的多，下部叶片较上部叶片被害重。其症状特点是病部表面覆有一层白粉状霉层。病部最先出现分散的白色丝状霉斑，逐渐扩大并互相联合成长椭圆形较大霉斑，严重时可覆盖叶片大部，甚至全部，霉层增厚可达2mm左右，并逐渐成粉状。后期霉菌层逐渐由白色变为灰色乃至褐灰色，上面散生黑色颗粒，导致叶片变黄褐色或干枯，除消耗养分外，还造成植株早衰，籽粒瘦瘪，影响小麦产量和品质。

①种植抗病品种　生产上应选用具有较高抗、耐病性，并有较好丰产性的品种。

②推广健身栽培　一是适期播种，控制播量。播种过早，易形成冬前旺苗，翌年因营养消耗而形成弱苗，易受病菌感染。因此，要适期播种，因地制宜选择精量半精量播种，从而控制拔节期密度和田间郁蔽程度，减轻病害流行。二是科学配方施肥。通过土壤肥力监测，实施配方施肥，高产地块要严格控制N肥用量，适当增加P、K肥、有机肥、微肥的施用量，增强麦株的抗病能力。三是加强田间管理。返青到起身阶段及时除草，适当推迟春一水肥，构建合理群体结构。

③化学防治

拌种：播种期结合防治其他病虫害进行药剂拌种。用20%三唑酮乳油或25%三唑酮可湿性粉剂种子量的0.15%～0.2%拌种。

化学防治：华北地区小麦生长中后期，正是蚜虫、白粉病等病虫以及干热风多发期，结合“一喷多防”措施进行防治。即在小麦扬花后10d左右亩用15%粉锈宁可湿性粉剂60～80g、10%吡虫啉可湿性粉剂20g或4.5%高效氯氰菊酯乳油30ml、植物生长调节剂60ml，加水40～50kg，混匀后一次性喷雾，能有效防治病虫、防干热风，保障小麦正常灌浆。

（7）小麦纹枯病　小麦各个生长发育时期都能受害，而且主要发生在叶鞘和茎秆上。小麦发芽感病后，芽鞘变褐色，严重时烂芽枯死。秋苗至返青期感病，叶鞘上出现中部灰色、边缘褐色的病斑。叶片渐呈暗绿色水渍状，以后失水枯黄甚至死亡。拔节后植株基部叶鞘出现椭圆形水渍状病斑，后发展呈中部灰色、边缘褐色的云纹状病斑。病斑扩大相连成花秆烂茎，病斑侵入茎壁后，形成中间灰褐色，四周褐色的近圆形或椭圆形眼斑，造成茎壁失水坏死，最后病株因养分、水分供不应求而枯死，形成枯株白穗。

①农业防治　一是选用抗病良种。目前生产上缺乏高抗纹枯病的小麦品种，但尽量选用中抗、耐病或感病轻、丰产性好的品种。二是适时晚播，合理密植，减少冬季侵染。三

是合理施肥，适当增施有机肥，N、P、K平衡施用，粪肥要经高温堆沤，腐熟后再使用。四是田间管理上要防止大水漫灌，并及时清除田间杂草，降低湿度。

②化学防治　小麦纹枯病的防治以种子处理为主，根据田间病情进行喷药防治。重点放在早播、连作杂草多、施N量高、感病品种田，在分蘖末期病株率达5%，用药防治。分蘖末期施药防效最好，拔节期次之，孕穗期较差。

药剂拌种：用20%三唑酮乳油或25%三唑酮可湿性粉剂、15%羟锈宁可湿性粉剂、12.5%烯唑醇悬浮剂等，用药量为干种子量的0.02%～0.03%（有效成分）。

喷雾防治：春季当小麦病株率达20%的田块，要及时防治。施药时间在小麦拔节初期，以阻止病害侵入茎秆。每亩可用20%三唑酮乳油50ml、15%或25%三唑酮可湿性粉剂分别为75g和100g，25%烯唑醇可湿性粉剂50～60g等农药中的一种，加水40～50kg喷雾，连喷两次，间隔7～10d。

（六）间作年限和效益分析

据戴晓琴，郭兴强，李鹏等（2006）在“平原农区幼龄杨树间作农作物的产量表现”研究，通过1～2年与3～4年树龄杨树间作冬小麦和夏玉米，当1～2年树龄杨树间作冬小麦，其产量有所增加，与夏玉米间作使其产量降低31.3%～33.7%。当3～4年树龄杨树间作冬小麦的产量降低了36.9%～42.5%，间作夏玉米的产量降低了80.8%～87.4%，且距树越近产量越低。产量形成因子分析表明，杨树对冬小麦产量的影响主要为穗数。因此，保证冬小麦分蘖期的肥水管理，在群体建立的基础上保证营养器官建成期所需的各种资源，为正常的穗粒数形成及粒重的充实奠定基础。

另据河北中部杨树与小麦间作，杨树品种主要是以窄冠黑白杨及107杨为主，冠比较窄，尤其在种植后的1～2年内，不但不与小麦争肥水、光照和生长空间，而且杨树能够预防和降低干热风的为害，对小麦产量基本不影响甚至还有增加趋势。若选择窄冠转折黑白杨、107杨树品种，第六年可进行采伐，每株树价值按160元计算，平均每株每年收26元，单位面积每年增加780元/亩以上，小麦基本不减产，经济效益将大为可观。杨麦间作除增加直接经济效益外，还具有极大生态效益和社会效益。按每株杨树平均冠幅$2m^2$计算，林木覆盖面积将为$60m^2$/亩，林木覆盖率为9%，是平原林区提高覆盖率的有效途径之一。杨麦间作可改善农田小气候，降低风速、增加湿度，防止强光高温，既可防风沙，又减轻干热风为害，社会效益和生态效益显著。

二、桐粮间作

桐粮间作是把粮食作物与泡桐按照一定的排列方式种植在同一个土地单元上，从而形成共存互助的复合体。泡桐进入农田与农作物间作，形成了桐粮间作的人工生态系统，在这个系统内，泡桐林带为上层，农作物为下层，系统中的光照、水分、温度、物质交换和养分循环等都产生了新的变化。这种变化对与其间作的农作物又产生了新的影响。生产实践表明，桐粮间作既能提高粮食作物抵御灾害性天气的能力，防风固沙，促进农业高产稳产，又能缓解木材短缺的矛盾，增加农民收入，调整林业布局，改善生态环境，促进了农林生产双丰收。

中国的桐粮间作生产经营方式开始于20世纪50年代末，它是目前国内推广面积最大的农林复合经营类型之一。多年来，广大科技工作者对桐粮间作经营的复合模式进行了更加深入的研究，其中，中国科学院生态环境研究中心系统生态开放研究室吴刚、杨修等（1998）在“桐粮间作林带的配置方式与农作物产量关系”研究中认为：当林带冠覆盖率小于28%时，小麦增产；当林带冠覆盖率大于28%时，小麦减产，并且随间作年的增长而减产趋势越加明显；当桐粮间作方式为5m×6m时，小麦产量随间作年的增加而逐年减产；当桐粮间作方式为5m×10m时，间作1~2年时增产，3年之后逐年减产；当桐粮间作方式5m×20m时，间作1~5年增产，6年之后逐年减产；桐粮间作方式5m×30m时，间作1~8年增产，9年之后逐年减产；桐粮间作方式5m×40m及5m×50m时，间作1~9年增产，10年之后逐年减产。并且当林带冠覆盖率为14%时，小麦产量最高。

据南京林业大学森林资源与环境学院万福绪等（2003）在“桐粮间作人工生态系统的研究进展”中，通过对近20年来有关桐粮间作的研究认为：泡桐的环境适应能力较强，是一种较好的林农间作树种；间作泡桐能改善农田小气候，但遮光对间作农作物会造成不利影响；桐粮间作能在一定程度上提高农作物品质和产量，且能增加泡桐材积，提高经济效益。

（一）立地条件和应用地区

泡桐属速生强阳性树种，喜温暖、喜肥、喜湿润但怕水渍。适宜泡桐生长的土壤、温度条件较为宽泛，但盐碱、水渍、冻害也会制约泡桐的生长，各地在推广种植时要注意因地制宜、进行合理配置。

以黄淮海豫北地区为例介绍桐粮间作。

1. 土壤 蒙金土（腰黏轻壤）、青沙土（沙壤）、两合土（通体轻壤）比较适宜泡桐生长。黏性过大的淤土地（黏土质）不利于泡桐生长。

2. 土壤通气性 土壤通气良好，总孔隙度在50%以上，非毛管孔隙度＞10%，平均通气度30%。

3. 地下水位 地下水位1.5~2.5m时，泡桐生长良好。

4. 土壤养分 土壤养分含量较高，达到中等地力要求。

5. 土壤无盐碱或轻度盐碱 泡桐不耐盐碱，当土壤含盐总量达0.1%左右时，生长会受到影响。兰考泡桐最适宜的环境是中性偏碱的土壤。

6. 温度 泡桐对温度的适应性较强，气温38℃以上生长将受抑制，最低气温－20℃会受冻害。

桐粮间作这种林粮间作形式在全国分布很广，23个省、市、自治区均有自然分布或人工栽培。特别是在黄淮海地区、西北半干旱地区等地采用桐粮间作，对保持水土流失、改善生态环境、促进林粮双收有十分重要的意义。

（二）配置方式

根据生产经营的目的，通常把泡桐与粮食作物间作分为3种类型。

1. 以农为主的间作型 生产中径材，即在保障粮食作物高产稳产的前提下，种植数

量较少的泡桐。一般泡桐株距 4 ~ 5m，行距 30m、40m、50m，每公顷 30 ~ 60 株，8 ~ 10 年采伐。

2. 以桐为主的间作型 生产外贸桐材为主，兼顾农业生产。一般采取 5m ×5m 种植泡桐，5 年可以采伐中小径桐材。

3. 桐粮并重间作型 生产中径材。主要是防风固沙，改善生态环境，抗干热风、沙暴，保护农作物等。一般泡桐株采取（5 ~6） m ×10m 种植。

（三）技术要点

1. 栽植时间 秋季落叶到翌年春天发芽前均可，一般早春 2 月中旬、3 月中旬种植泡桐造林。

2. 挖穴栽植 挖穴的大小应根据立地条件而定。一般对土层深厚，土质疏松、肥沃的地块，穴径应为 0.7 ~ 1m，穴深 0.5 ~ 0.8m；对土层较薄，土质较紧、土壤瘠薄的地块，穴径为 1 ~ 1.5m，穴深 0.8 ~ 1m。挖穴时间以秋末冬初为宜。挖穴时，要注意表层土、中层土和底层土分开堆放；栽植时，苗木根系要理顺，将其按自然的方向放于栽植穴中，避免根系卷曲，更不能窝根，还要防止苗木根系被架空；回填时，先把表层土回填，并每穴施 45% 三元复合肥 0.3 ~ 0.5kg，有机肥多的地区可施腐熟农家肥 15 ~ 20kg 与回填土混匀，再将中层土填入至离穴沿 30 ~ 50cm，做到分层踩实，使苗木根系舒展与土壤密接。栽后立即浇水，水渗后扶正苗木，培土封穴。

3. 抚育管理 泡桐苗木栽植的当年，因降水泥土下沉和强风等因素影响，苗木可能会发生倾斜或倒伏，应及时扶正，适当培土。此外，泡桐的树皮很薄，特别在幼树阶段，遭受损伤后很难愈合，而且随着树干的粗生长加快，伤口逐渐加深，变成沟状裂痕，或者畸形，对材质影响很大。因此，必须加强保护，严防人、畜损伤苗木。

（1）适时灌溉 泡桐根系分布较浅，不耐土壤干旱，在干旱季节应灌 2 ~ 3 次水，能促进林木速生丰产。

（2）合理施肥 泡桐是速生树种，需要充足的养分供应。泡桐施肥的方法主要有两种，即基肥和追肥两种。基肥一般采用腐熟有机肥或复合肥，随挖穴后施入，并与表土混合均匀，每穴用复合肥 0.5 ~ 1.0kg。追肥一般在 4 ~ 6 月份施用，可用各种速效肥，也可用腐熟后的饼肥。追施方法是在离树干基部 30 ~ 70cm 处，挖 10 ~ 30cm 深的圆形或半圆形施肥沟，然后均匀施入肥料，覆土封盖。但要注意，挖沟时不要伤到树根，不要使肥料附着树干或主根。施肥量要合理，每株追施氮肥 0.1 ~ 0.2kg。

（3）修干 适时修干可提高泡桐树干质量，利于培育高干干形圆满的优质良材。目前生产上主要采取抹芽和接干技术培育高干干形。

一抹芽。是指在泡桐栽植当年，苗干上会从腋芽处萌发侧枝，有的萌发位置在苗干的 2/3 以下部位，造成主干过低，影响出材率和木材质量。因此，对一年生树干上位置较低的腋芽，在萌发后必须及早抹（摘）除，以提高主干高度。抹芽时，要注意保留侧枝 4 ~ 6 对。要注意做到反复抹芽 2 ~ 3 次，因为泡桐的腋芽萌发力强，抹去的还会再萌发。只有当枝条生长到 0.5 ~ 1m 以后，抹过的芽才不会再萌发，故必须重复抹芽。

二接干。接干包括平茬接干和剪梢接干两种方式。①平茬接干。当苗木栽植后出现干

形不良、苗木低矮等现象时，应采取人工平茬方法，充分利用泡桐根茎部位萌发能力强的特性，在春季树液流动前，选择晴天，在靠近地面处用刀或锯去掉地上部不良树干，利用根部积蓄的养分，使根茎部萌发新梢。平茬时所用刀具应十分锋利，截口面尽可能削平，防止劈裂，平茬后要扒开覆土晾茬 3 ~4d，再用细土覆盖，封土厚度一般是 3 ~4cm，轻轻拍实。一般春季平茬后，在茬口处会萌发出3 ~5 条枝，当萌条长至10 ~15cm 时，保留一枝生长最健壮的，其余全部除去，所留枝条应在生长期内及时抹掉腋芽，避免消耗养分。②剪梢接干。泡桐枝干的一个显著特点是在每年落叶后，主茎顶梢 2 ~3 节和分枝的顶芽都会枯死，翌年腋芽萌发时由顶端向下第 3 ~4 节的一对腋芽抽梢向上生长，称为假二叉分枝。假二叉分枝是影响主干生长、造成主干低矮的主要因素，应将其去除。一般在春季萌发前进行剪梢接干。第一，要选好腋芽。剪口芽要位于树干上部组织充实的迎风部位，腋芽要健壮、饱满、无机械损伤、无病虫害。第二，要科学剪梢。剪梢时，剪口应与主干约呈45°，剪口上方应距选留芽1 ~2cm，剪口下方应在选留芽的对生芽下边，剪口要平滑，既不破裂，也不能剪破节间处的横隔。第三，及时去除靠近叶痕留作接干芽以外的萌芽。在枝条生长初期要重复抹芽 2 ~3 次。第四，采取有效措施控制竞争枝。因反复重剪的刺激，接近剪口的 2 ~4 节侧枝也会旺盛生长，因此，把竞争枝向下压或用绳向下拉，使竞争枝与接干主枝夹角增大，从而减弱竞争枝的生长势。

小麦部分请参见本章本节杨树间作小麦部分。注意品种的选用。

（四）效益分析

桐粮间作不仅可以充分利用光热、水分、土地资源，还能通过增加林地的覆盖率，减轻水土流失，保护和建设基本农田，提高粮食产量，促进林木的生长，实现林粮双丰收。农林复合生态系统符合重建生态学与丰富生物多样性的原则，成为当前生态农林业的主流。在以林为主的间作类型中，间作的是小麦等粮食作物，其纯收入比以农为主的类型高出 139%。桐粮间作地总收入比对照高出 50% ~100%。

桐粮间作的效益不仅体现在作物增产、林木增收的直接经济效益的提高，而且更重要的是社会效益和生态效益的体现。桐粮间作不仅缓解了木材供需矛盾，补充了农民的生活能源，改善了农村经济结构，充分利用了农村的剩余劳动力，实现了集约经营，既可以充分利用土地资源，又可以充分利用劳动力、资金、设备等，从而获得较大的社会效益；而且还防风固沙、减轻水土流失、利于保护和促进基本农田建设，利于生态环境的改善。

三、其他林粮间作

近年来，各地杨树、桐树丰产林发展较快，怎样才能最大限度地发挥其经济效益，生产实践认为，搞好丰产林的立体集约经营是一条值得提倡的好路子，很有发展前景，是进一步拓宽农民增收渠道，提高经济收入的有效途径。当林木树冠较小，尚未郁闭，林内光照充足时，可间作一些矮秆粮食作物。

（一）立地条件和应用地区

选择生产条件良好，特别是农田排灌条件良好，周围没有易发生病、虫、草、鼠害的

地块。土壤质地以沙壤土最适，pH 值 6.5～7.5。不宜选低洼易涝地和重盐碱地。土层深度要超过 30cm，土壤疏松，透水保水性要好。土壤养分应达到中等地力以上。9 月下旬日平均气温 > 15℃，6～9 月平均降水量 200～250mm。

（二）配置方式

当杨树、桐树、栎树等栽植后，在幼林空地可种植一季小麦，麦收后承接大豆；当林木长到 2～3 年，则可只种一季红小豆、绿豆、豌豆等其他粮食作物。

（三）大豆栽培要点

以黄淮海夏大豆窄行密植栽培技术为例。

夏播大豆窄行密植栽培技术，其核心是选用优质高产品种，通过缩小行距来增加密度，充分发挥大豆群体的增产作用，达到提高产量、增加收入、全面提高大豆栽培技术水平的目的。具体技术要点如下。

1. 选用适宜优种、做好种子处理 大豆窄行密植必须选择抗倒伏、增产潜力大的品种。注意黄淮海北部应选用生育期 90d 左右的早熟品种。如冀豆 12、中黄 13、冀黄 13 等品种。中南部选择 100d 以上的品种。播前要做好选种、晒种、药剂拌种等种子处理工作，确保发芽率在 95% 以上，田间出苗率应在 85% 以上，以实现一播全苗，出苗整齐均匀。

2. 适期精量播种 春播大豆适宜播种期为 4 月 25 日前后，夏大豆为 6 月 5～20 日。播量应根据种子质量及品种特性等确定，一般播量为 60～75kg/hm^2，大粒品种应用种多些，小粒品种则用种少些，播深 3～5cm。

3. 采取窄行种植，提高种植密度 夏播大豆分枝少，生育期短，植株较春播大豆矮，叶片少，叶面积小，充分利用地力与光热，发挥群体的生长效益，可提高产量。根据"肥地宜稀，瘦地宜密，早播宜稀，晚播宜密"的原则，适当增加种植密度。一般可采用行距 30cm 左右等行种植或大行距 40cm 左右、小行距 25cm 左右的大小行种植形式，密度每亩达到15 000～30 000株，一般比常规技术增加5 000～10 000株。肥地、分枝多的品种、灌溉条件较好和适时早播的每亩 1.5 万～2.0 万株，分枝少的品种、灌溉条件差、播种迟的每亩 2 万～3 万株。

4. 增加肥料投入，增施钾肥 采用窄行密植技术，必须增施农家肥，提高肥料投入并合理施用，才能实现高产。N、P、K 肥要合理搭配，施用量要比常规栽培增加 15% 以上。一般亩底施二铵 20kg，尿素 7.5kg，初花期亩追施尿素 10kg，K_2SO_4 5～6kg。采用贴茬播种的夏大豆，在苗期每亩应补追二铵 15～20kg，尿素 5～7.5kg，中后期还要采取叶面补肥，满足这一时期植株对养分的需求。

5. 及时进行化学除草及化控 防治大豆田杂草生长，可在播种前 5～7d，每亩用 48% 的氟乐灵 100～150ml 加水，进行土壤表面喷施，喷后及时混土；还可在播种后苗前用 72% 杜耳 100～150ml 或乙草胺1 500倍液喷洒地面；出苗后防治杂草，可用 5% 的精禾草克、10% 的禾草克及 10.8% 或 12.5% 的盖草能，在出苗后至开花前每亩 80ml 左右加水喷施。在 8～9 月份，对于大豆长势过旺的大豆田，应及时采取化控措施，一般亩用多效唑 10～15g 加水 40～50kg 喷施，或亩用缩节胺 4～5g 化控。

6. 及时防治病虫害 大豆虫害主要有豆蚜、豆天蛾、豆荚螟、大豆食心虫、华北大黑金龟甲等。播种时，可使用种衣剂或高效杀虫颗粒剂拌种，防治地下害虫。苗期防治蚜虫可用10%吡虫啉可湿性粉剂10% ~20%/亩加水30 ~60kg，喷雾。结荚期用20%氰戊菊酯乳油20 ~40ml/亩加水稀释1 000 ~ 1 500倍喷雾防治豆荚螟和大豆食心虫等。

大豆病害主要有大豆霜霉病、叶斑病、病毒病等。防治大豆病害最有效的措施是选用抗病品种，进行合理轮作，同时一定要加强病虫测报，及时发现，及早防治。在分枝期、花荚期用35%甲霜灵可湿性粉剂500 ~800倍液喷雾，可防治大豆霜霉病等；用1：1：100倍波尔多液或65%代森锰锌可湿性粉剂500 ~600倍液可防治大豆炭疽病和紫斑病等。

7. 适时收获 当籽粒进入完熟时，应及时抢收，避免因收获过晚造成炸荚落粒，影响产量。收获过早，则大豆干物质积累尚未结束，百粒重会降低，或出现秕粒，影响品质；收获过晚，易引起炸荚造成损失。一般在茎秆呈棕黄色、90%叶片脱落时收获为宜。

（四）红小豆栽培要点

红小豆属短日照作物，原产中国，适应范围广，主要分布在华北、东北和黄河中下游地区。红小豆营养丰富，是人们生活中不可缺少的高蛋白、低脂肪、高营养、多功能的小杂粮。同时，红小豆也是出口创汇的重要产品，深受各国消费者的喜爱，具有广阔的市场前景。其中，河北省和天津市产的“天津红小豆”被外商誉为“红珍珠”，其次，河北“唐山红小豆”、“东北大红袍”、“中国红小豆”等商品也优良。但是，近年来由于品种混杂、退化，栽培管理粗放以及市场价格不稳等原因，限制了小豆单产和总产的提高。

1. 选择优良品种，搞好种子处理 选择适宜当地生产的优质、高产红小豆品种。播前要进行精选，剔除病粒、残粒、虫食粒，使种子纯度达到≥98%，净度≥98%，发芽率85%，水分≤13%的标准。

2. 打好种植基础，适期播种 红小豆不宜重茬，否则病害加重，根系发育不良，降低产量。应实行2 ~3年轮作。

（1）施足基肥 播前施入优质有机肥15t/hm^2，磷酸二铵75kg/hm^2，尿素35 ~40 kg/hm^2。注意增加必要的微量元素。播前土壤相对含水量达到60% ~75%。

（2）适期播种 一般6月15 ~30日。采用点播机点播，行距40 ~50cm，株距8 ~15cm，播种深度2 ~3cm。若采用条播，则行距40 ~50cm，株距6 ~10cm，播种深度3 ~5cm。播时要注意深浅一致，行走均匀，确保苗齐、全、匀。

3. 加强田间管理 红小豆出苗后一周时间内要进行人工间苗定苗。去掉小、弱、病、杂苗。适期播种的地块要15万 ~22.5万株/hm^2，晚播的适当增加密度，最多不超过40万株/hm^2。

在红小豆封存垄前要进行中耕培土，除治草害。在8月份进入开花期，追施尿素75kg/hm^2。

红小豆虽然有一定的耐湿性，但苗期和花期最怕田间渍水，注意及时排涝。

红小豆病虫害历年均有不同程度发生，对红小豆生产造成一定损失，因此，应注意防治。

红小豆病害主要有叶斑病、锈病、病毒病等。防治叶斑病和锈病应以综合防治为主，

即培育抗病品种，与禾本科作物实行 3 年以上轮作换茬，清除病残体，合理密植，注意排灌等。红小豆病毒病主要为害茎、叶，使植株变矮，节间变短，分枝增多，叶片浅绿或浓绿色相间，叶片畸形。防治措施中，要注意选用抗病毒品种，注意防虫，消灭传毒媒介，去除病株等。

红小豆虫害主要有蚜虫、红蜘蛛、食心虫、豆荚螟等。防治可参见大豆虫害防治。

4. 适时收获 当红小豆单株上 80% 豆荚变为本品种固有的成熟色时即为该株已成熟。当田间 90% 植株已达到成熟标准即可机械收获。当植株上有 1/2 荚达成熟色时，可人工收获。收获过早粒色不佳，粒形不整，秕粒增多，品质降低；收获过晚，易炸荚落粒，籽粒光泽减退，粒色加深，异色粒率增多，外观品质均下降。因此，要适时收获，注意留茬要低，不丢枝，不落荚，及时打收，损失率要小于 2%。

5. 及时脱粒、晾晒、入库 红小豆脱粒、晾晒过程中不得淋雨、水浸、水渍。当水分含量达 13% 以下时，即可入库存放。长期贮藏的红小豆应注意严防雨淋、日晒、污染和病虫侵染。

（五）绿豆栽培要点

绿豆营养价值高，味道鲜美，含有丰富的蛋白质、淀粉、各种矿物质、多种维生素和各种氨基酸，是很好的调节饮食佳品。同时，绿豆具有药用价值，有消热解毒、消水利肿、明目降压等功效。中国是世界上绿豆栽培面积较大的国家之一。河南、山东、河北、安徽最多，山东的“山东绿豆”，河北、吉林的“鹦哥绿豆”，安徽的“明光绿豆”等是中国绿豆出口的主要优良品种，以粒大、色绿、品质好等特点享誉海内外。

绿豆是温带、亚热带、热带高海拔地区广泛种植的豆类作物，与其他豆类相比，是短日照作物中对光温反应较迟钝的作物。它适应性广，只要热量充足，春夏播均可。耐瘠薄，对土壤要求不严，一般选择地势平坦，保水保肥强，排水良好，肥力中等地块，不要重迎茬。

1. 品种选择 按当地生态类型和市场需求，因地制宜选择适宜、优质、高产、抗逆性强的优良品种。播前要进行精选种子，剔除病粒、杂粒、硬粒。

2. 整地与施肥 早春进行翻地耙耢和镇压，做到平、碎、净。有机肥与化肥结合，10 ~ 15 t/hm^2，磷酸二铵 150kg/hm^2。绿豆对微肥敏感。

3. 适期播种 以 5 月上中旬播种为宜。足墒下种。行距 40 ~ 50cm，播深一般 4 ~ 5cm。可点播也可条播，下种均匀，深浅一致。

4. 田间管理 绿豆出苗后要做好间苗、定苗工作。绿豆植株喜单株生长，因此，不论点播或条播都不能留双株、簇苗。当第一片复叶出现时进行间苗，当第二片复叶出现时进行定苗，间苗和定苗要肥地宜稀、薄地宜密，去小留壮，去杂留纯。一般密度为 17 万 ~20 万株/hm^2。在开花前应进行 3 ~4 次中耕，第一遍在两叶至四叶期结合间苗、定苗进行，破除土壤板结，消灭杂草；分枝期深耕第二遍，开花期前进行三次中耕。绿豆进入花期，需水量剧增，遇旱及时浇，以免大量出现落花落荚。同时，注意花期根外补肥，用 1% 尿素与 0. 4% 磷酸二氢钾混合，叶面喷施。

绿豆自播种出苗至收获贮藏，病虫害较多。病害主要有根茎腐病、白粉病、锈病、叶

斑病等，虫害主要有蚜虫、红蜘蛛、豆荚螟、食心虫等，要注意防治病虫害。可参见前面的大豆、红小豆部分。

5. 适时收获 当75%以上的荚变成黑褐色时为成熟期，当全田有2/3的荚已成熟，即可进行收获。无限结荚习性品种因生长期较长，荚自下向上逐渐成熟，可分批摘荚收获，有限结荚习性品种可当75%以上的荚变成黑褐色成熟时一次收获。收获后注意晒干、脱粒、除杂质，种子含水量10%时，即可贮藏。贮藏时注意防虫。

（六）豌豆栽培要点

豌豆是一年生或越年生草本植物，通常分为谷用豌豆和菜用豌豆两大类。豌豆是一种耐寒性较强的作物，并且对土壤条件要求不严格。属长日照作物。

1. 选用优种 应选用早熟、矮生或半蔓生品种。播前要晒种1～2d，可提高出苗率。或用50%辛硫磷、多菌灵等杀虫、杀菌药剂拌种，防治地下害虫和病害。播种用种子发芽率最低80%，最好在90%以上。

2. 选地与整地 豌豆比其他作物更忌连作，连作不仅造成土壤养分单一，而且由于病菌积累增加，病虫害会加剧，产量急剧下降。应与小麦、莜麦等禾本科作物进行3～4年轮作一次。播种前要深翻土地，足墒足肥下种。在增施有机肥基础上，再施磷酸二铵150kg/hm^2，以促进豌豆苗出土整齐，健壮，提高抗性。

3. 适宜播期播量 豌豆在早春土壤化冻后即可播种。矮生品种适宜条播，行距60cm，株距8～10cm，播种量20～30kg/hm^2。播后适当镇压。

4. 加强田间管理 豌豆苗出齐后浅松土一次，以提高地温，促进根系发育。株高5～7cm时进行第一次中耕，株高10～15cm时进行第二次中耕并培土，第三次要灵活掌握。开花前进行2～3次中耕，在豌豆开花期、结荚期应视天气、土壤情况浇水2～3次，并注意根外喷施P肥，特别注意喷施B、Mn、Mo等微量元素肥料。

豌豆的病虫害主要有锈病、褐斑病，豌豆蚜、豆象，特别是潜叶蝇幼虫。可用来福灵30ml/亩加水50kg喷雾，既可防蚜虫，又可防潜叶蝇幼虫。

豌豆早熟品种80d以上便可成熟。收获应在早晨或傍晚进行，以减少炸荚落粒造成的损失。依成熟程度可分批采收。

（七）效益分析

1. 间作大豆经济效益 大豆种子投入90kg/hm^2，种子参考价6元/kg，种子费540元/hm^2，化肥675元/hm^2，农药150元/hm^2，人工900元/hm^2，机收机播600元/hm^2，种豆成本3 075元/hm^2。种豆产量2 250kg/hm^2，市场参考价4元/kg，产值9 000元/hm^2，纯收益7 135元/hm^2。

2. 间作红小豆效益 红小豆种子投入45kg/hm^2，种子参考价8元/kg，种子费360元/hm^2，化肥675元/hm^2，农药150元/hm^2，人工900元/hm^2，机收机播600元/hm^2，种豆成本2 685元/hm^2。种豆产量1 500kg/hm^2，市场参考价6元/kg，产值9 000元/hm^2，纯收益6 315元/hm^2。

3. 间作绿豆效益 绿豆种子投入30kg/hm^2，种子参考价14元/kg，种子费420

元/hm^2，化肥675元/hm^2，农药150元/hm^2，人工900元/hm^2，机收机播600元/hm^2，种豆成本2 475元/hm^2。种豆产量1 500 kg/hm^2，市场参考价12元/kg，产值18 000元/hm^2，纯收益15 525元/hm^2。

4. 间作豌豆效益 豌豆种子投入200kg/hm^2，种子参考价6元/kg，种子费1 200元/hm^2，化肥675元/hm^2，农药150元/hm^2，人工900元/hm^2，机收机播600元/hm^2，种豆成本3 525元/hm^2。种豆产量1 500kg/hm^2，市场参考价6元/kg，产值9 000元/hm^2，纯收益6 315元/hm^2。

本章参考文献

1. 戴晓琴，郭兴强，李鹏等.2006. 平原农区幼龄杨树间作农作物的产量表现. 生态学杂志，25（12）：1 515～1 519

2. 杜振江.2010. 造林后造林地林粮间作的初探. 黑龙江科技信息，(33)：258

3. 黄晔.2004. 麻栎林粮间作模式探讨. 安徽林业科技，(1)：24～25

4. 李德发.1995. 杨树新植林地林粮间作的试验报告. 吉林林业科技，(6)：15～18

5. 刘丹，于瑛楠，王非.2007. 落叶松纯林及林粮间作林土壤生态条件的比较分析. 黑龙江气象，(4)：25～27

6. 万福绪，陈平.2003. 桐粮间作人工生态系统的研究进展. 南京林业大学学报：自然科学版，(5)：88～92

7. 万福绪，陈平，王严星.2003. 苏北林粮间作地土壤理化性质分析. 南京林业大学学报：自然科学版，(6)：27～30

8. 王恭祎，赵波.2009. 林地间作. 北京：中国农业科学技术出版社

9. 王颖，魏红侠等.2001. 杨粮间作系统小气候研究. 河北林业科技，(4)：36～39

10. 吴刚，杨修.1998. 桐粮间作林带的配置方式与农作物产量关系的研究. 生态学报，18（2）：167～170

11. 杨修，吴刚，黄冬梅等.1999. 农桐复合系统林带结构优化模式的研究. 应用生态学报，10（3）：286～288

12. 赵忠宝，万福绪，刘奕琳.2007. 杨粮复合系统内生态因子的变化及对小麦产量的影响. 中国环境管理干部学院学报，17（2）：61～62，72

第二章　林经间作与林菜间作

第一节　林经间作

一、杨棉间作

（一）立地条件和树龄选择

杨树是目前南方平原区最主要的速生丰产林树种，在其人工林下进行林农间作已成为培育杨树人工速生丰产林的一种重要栽培措施。农事操作可促进杨树的生长，同时杨树的遮阳对农作物也会有不良影响。因此，农林间作需要在杨树幼林，没有郁闭前进行，可以互补增效，提高资源利用效率。

（二）技术要点

1. 杨树栽植　杨树速生丰产林可进行林粮、林菜、林药间作，也可进行林苗（树苗）间作，但均应以短秆和豆科植物为主，或间作其他固 N 植物，以利于林木的生长。调查表明，凡间作合理，土壤管理好的林地，林木生长旺盛，因间作深耕而切断侧根，促进须根的生长发育，故对林木生长无明显的影响。凡没有进行间作的林地，由于土地管理粗放，近于荒芜，林草竞争剧烈，林木生长缓慢。实践证明，实行间作，不仅是增加部分林副产品、提高经济效益的有效途径，也是确保杨树人工林速生丰产的必要措施。

杨树是强阳性树种，侧根发达，再生能力强。同时大多数杨树品种不定芽多，深植有利于形成庞大的根系，从土壤中充分吸收水分和养分，满足林木生长的需要。为了给幼树根系发育创造适宜的环境条件，营造杨树速生丰产林必须进行全面整地，实行大穴深栽。坑穴太小起不到改土作用，太大则用工多、成本高不宜推行。深栽是为了解决水分供求关系，而不区分地域、树种、土壤、温度。深栽过度则不利于杨树根系的发育和生长。大穴深栽是一种严谨的科学栽培技术，大穴可提高立地指数约半级，而深栽则应根据水、气、热诸因子和栽培品种间的差异，综合考虑实施。在沙区，可采用大穴套深坑的办法，防止流沙隔断地下水层与根部的接触，提高栽植成活率。

合理密度是杨树速生丰产的重要措施。合理密度可以充分利用地力，促进林木生长，提高单位面积林木蓄积量，获得较高的经济效果。确定适宜的造林密度要根据树种的生态特征、立地条件、营林目的和经营水平等因素综合考虑。栽植密度越大，公顷蓄积量也越

大，而单株材积生长量越小。随着林龄的增加，大小密度之间的蓄积量差异，从定植的第四年起逐渐变小，而单株材积之间的差异，则逐年增大。因此，在密度处理上，应当考虑既要有一定的单株营养面积，又要有一定的株数保证。目前，在杨树生产中还普遍存在栽植密度过大的问题，极大地影响了林木的正常生长和发育，其单株材积年均生长量仅是丰产林的20%左右。

杨树多系栽培品种，特别是速生树种，抗逆性普遍较差，易发生病虫害。不同品种对土壤气候条件的适应性有很大差异，在不同的地区或不同的立地条件下，其抗病能力也不相同。为此，适地适树，选用良种，从开始定植就进行防治工作，避免苗木的长途运输和长期假植。

2. 棉花栽培

（1）整地、施肥、灌水

①翻地　整地中最好是翻地，春、秋翻都可以。翻地既可增产，又杀灭害虫。

②打垄　最好是1.2m宽地膜三个苗眼，好处是膜幅加宽，增温保墒，增加保苗株数，提高单产。也可用90cm宽垄幅双苗眼，翻地的地块，按垄幅宽度开沟起垄，没翻的地块，在拿净茬的基础之上要挨排破垄。

③施肥　在打成垄的三个苗眼的在两个行间开两个施肥沟，两个苗眼的在中间开一个施肥沟；把化肥混拌均匀与农肥一起施入垄沟内。一般每亩施农家肥3～4m^3，尿素17.5～20kg，二铵10～12.5kg，$K_2SO_4$10kg。如果农肥不足，应适当增加化肥的用量，然后覆土平垄面，一定要打碎坷垃，拣净杂草，根茬和废膜。

④灌水　灌水是抓全苗的基础，凡是有条件的一定要秋、冬灌，如果条件不允许，可以播前灌。

（2）播种

①选种　密植田要选择辽棉15、中棉16、中棉27等品种；一般棉田增加辽棉10、辽棉13等品种。

②种子处理　一是晒种。播种前将种子铺在席子或塑料布上6.6cm（2寸）厚左右，在晴天翻晒几天。二是浸种。播种前2d把晒好的种子用凉水浸泡24h，要浸透浸匀，浸到用手一挤把棉籽挤出为止，捞出控干。三是药剂拌种。为了防治苗期地下害虫和立枯病的为害，要进行药剂拌种，用250g拌种灵，150g多菌灵，敌克松或枯必清其中的一种农药拌种，防治立枯病。

③播种量　密植棉田每亩用种8.5～9kg，每埯下籽6～7粒；一般棉田每亩用种6～7.5kg，每埯下种7～8粒。

④播种时间　一般在4月15～30日。

⑤播种方法　有如下措施。

开沟：在垄面上开播种沟，一行苗开一个沟，沟深9.9～13.2cm（3～4寸），行距33.3cm（1尺）。

浇水：没有播前灌水的地块要坐水种，要浇足浇匀。

点种：密植棉田株距9.9～13.2cm（3～4寸），一般棉田16.5～19.8cm（5～6寸）。

踩格子：对播前灌或墒情好不用坐水种的地块，点种之后要穿平底鞋踩好底格子，要

踩实踩严，以利返墒。

覆土：厚度一指半左右。

喷药：在覆膜之前喷洒除草剂“拉索”或“氟乐灵”，喷药之后即刻覆膜，不要脱节。

覆膜：要抻平拉直，膜覆好之后压边土，之后在垄面每隔 2～3m 压一锹土，护膜，覆膜后要经常到棉田检查，发现破损，及时修补。

（3）田间管理

①放风　5 月中旬当 80% 棉苗出土时，要放风降温，方法是每隔 2m 左右在膜上扎眼。

②炼苗　放风后 3～4d 开始炼苗，方法是用木棍在每埯上方扎个眼。

③引苗　时间在终霜过后，一般在 5 月 20 日前后。在炼苗后 3～4d 进行。方法是用两个手指头伸进炼苗孔稍加扩大之后把棉苗引到膜外，每埯 3～4 株。要引绿不引黄，引大不引小，引壮不引弱。棉苗引出后要扶正，随后用土封好引苗孔。

④疏苗　1～2 片真叶时疏苗，每埯留 2～3 株。2～3 片真叶时定苗，每埯留 1 株，采取 1∶1∶2 的留苗方法（挨排两穴留单株，第三穴留双株），定苗要在 5 月底前结束。

⑤撸底叶　除高度密植，化控处理地块不撸底叶外，一般棉田在 6 月 20 日前后，当 2/3 以上棉株现蕾而且看得清时撸底叶，把果枝以下的叶片和腋芽全部撸掉。

⑥中耕、灌水　棉花是喜温耗水量大的作物。为疏松土壤，提高地温，消灭杂草，从 5 月下旬到 6 月底要中耕 1～3 次，并结合中耕灌水 2～3 次。

⑦追肥　棉花是喜肥作物，由于脱肥而造成棉株早衰和落花、落铃，严重影响产量和棉花品质。追肥要在 6 月底前完成，一般每亩追施尿素 15kg 或 $NH_4NO_3$20kg，方法是犁杖趟沟，垄沟追肥。

⑧化控　一般棉田株高要控制在 65～70cm。如果发现徒长，在拔节期、初花期、盛花期化控 1～3 次，用“缩节胺”化控，蕾期每公顷 30～40g，初花期 40～60g，盛花期 60～70g。结合化控喷施 KH_2PO_4 等液面肥。

⑨掐尖、打杈

掐顶尖：时间在 7 月 1 日前后完成。

掐围尖：一般棉田在 7 月 5～15 日分两次进行（先掐下半部分的果枝，后掐上半部分的果枝）。

打杈：棉田果枝基部生的水杈和果节部位生的赘芽要及时打掉。

⑩断花去蕾　8 月 15～20 日把正在开的花和已经出现的花蕾全部去掉，这时开的花是无效花。除空枝老叶，9 月 10 日前把已经脱落蕾铃的空枝和不起光合作用的老叶剪掉，使其充分通风透光，减少养分消耗，促进吐絮、催熟。对棉铃贪青、脱水慢、开絮晚的地块，9 月 15～20 日打“乙烯利”催熟，每亩用药 150～250g，加水 45kg。

（4）防治病虫害　棉田主要病虫害为苗期的立枯病和生育期的枯萎病，黄萎病；主要害虫为蚜虫和红蜘蛛。

对蚜虫和红蜘蛛发现以后，立即用辛硫磷 800～1 000倍液，甲胺磷2 000倍液，功夫乳油 800～1 000倍液喷雾防治。

对苗期的立枯病和生育期的枯萎病在药剂拌种的基础上，定苗之后及时进行 2 ~ 3 次的喷药预防，7d 前后打一次药，用代森锌或代森锰锌 500 ~ 800 倍液喷雾防治。

(5) 采收　时间最好在棉桃开裂后 6 ~ 7d。充分脱水，充分吐絮，分批集中采收。对不能开絮的青桃，笑口桃要晚收，在上大冻以后拿回去扒桃。采收时，宁收雨前不收雨后，要做到四分（分收、分晒、分存、分卖），三找（找净眼睫毛棉、僵瓣棉、落地棉）、四不带（不带草叶、草籽、铃壳、棉叶）。

（三）效益分析

林农间作是生态林业的一种模式，是以林为主，多种经营，提高林业的生态、经济、社会效益的一种行之有效的模式。它可以有效地提高光热资源的利用，有利于挖掘土壤潜力，提高土壤水分、养分的利用率，有利于增加短期经济收益，达到以短养长的目的。同时，林木和农作物中大部分根系吸收土壤不同层次的养分和水分，在间作农作物的施肥过程中，部分肥料渗透到土壤深层，增加了土壤肥力，正好可被林木根系吸收；通过间种过程的松土除草，增加了土壤的透气性，也有利于林木生长。但农林间作要注意在耕作时不能伤树根，尤其是粗根，否则，很容易引起林木遇风倒伏；同时，要合理修枝，树枝不能过密影响到作物生长，也不能修枝过度而影响林木生长。

二、林豆间作

（一）立地条件和树龄选择

吉林省东部山区林地面积占 60% 以上，其中，相当一部分面积是森林。但由于多年的只采不育，森林面积逐年减少。近年来，各林业局已大范围内向营林方向转化。目前，全省林区年均植树造林面积约有 14 万 hm^2 间种植大豆，不仅是发展浅山区林业的重要措施，也是今后不与粮争地，发展大豆生产的行之有效措施。

大豆是在造林地幼龄树木空间间种的适宜的理想作物。吉林省敦化市农业技术推广中心与林业部门合作，应用先进的化学除草科技成果灭除造林地杂草和灌木，在造林隙地间种大豆获得成功。平均公顷产量可达 1 900kg 左右。

（二）技术要点

1. 选择适宜优良品种　根据东部山区造林地生态条件与林豆间作特定技术要求，选择与之相适应的优良大豆品种是获得较高产量的前提。经过多年不同生态区的大豆品种对比试验结果认为，合丰 25、合丰 35、绥农 4 号适应性强，丰产性好，适合积温2 200℃ ~ 2 600℃，无霜期 110 ~ 128d 的气候区；积温 2 200℃、无霜期 110d 以下的气候区，可适当增加生育期 10d 左右的品种，如出苗至成熟 98d 的北丰 2 号，出苗至成熟 103d 的九丰 2 号等极早熟品种。

为确保全苗、齐苗、壮苗，播前要严格进行种子处理，精选种子。除去病斑、虫食粒和杂质，使纯度和净度均高于 98%，发芽率达到 95% 以上，并采用药剂和多元微肥、植物生长调节剂拌种，最好用大豆种子包衣剂进行种子包衣处理。

2. 整地　造林地的整地与农田不同。所谓整地，即是灭除杂草、灌木及前作根茬，为植树造林、大豆播种创造良好的条件。

对即将植树造林的采伐迹地的杂草和灌木，要在植树和间作大豆的前一年秋季，每公顷用2.25kg 74.7%的农民乐粒剂或45L 41%的农达水剂加水450kg，对杂草进行灭生性茎叶喷雾处理；对灌木先用割灌机或人工割除，在割后30min内，用浓度不低于10%的74.7%农民乐或41%农达药液喷洒在根桠截面上，杀死灌木及根茎萌条。翌年4月下旬，再挖坑植树造林，同时，清理枝条，以待大豆播种。

对已植树的造林地，要在秋收后或开春化冻时，除掉大豆根茬，搂除枯枝落叶，以利播种，喷药除草。

3. 适时等距播种

（1）播种时期　造林地间种大豆的播种时期要在喷药前，一般于5月20日前后进行。

（2）播种　在造林苗木行间均匀开两趟5cm深的小沟等距点播或等距扎眼、刨埯点播，每次点播2~3粒精选处理后的种子。种子要播在湿土上，覆土要均匀一致，覆土厚度控制在3~4cm，人工踏实，做到提墒保墒，一次播种拿全苗。

4. 确定合理密度　大豆群体密度是构成产量的因素之一。根据造林地的土壤肥力和所选用品种的特性，经几年的试验、示范，结果表明，林豆间作公顷的适宜密度为30万株左右。

5. 适时进行化学药剂除草　5月下旬当落叶松放叶、造林地杂草出齐、间种的大豆拱土前3~5d时，每公顷用3~4kg 74.7%农民乐粒剂或6~8L 41%农达水剂，50~100倍液喷雾。施药前，先用防护罩把幼树罩上，然后再施药（指第一年种植树苗，2年以上的大树苗不用防护罩）。喷药时喷头不宜过高。喷药应在无风、无露水的晴天进行。对大豆苗期未杀死和后孳生的灌木，用毛刷蘸浓度5%~10%的74.7%农民乐或41%农达药液涂抹，进行再一次灭除。

6. 加强田间管理

（1）间苗疏苗　当豆苗长出两叶一心时，即第一片复叶尚未展开前，对于超量下种植株集中拥挤的，要进行手工间苗，打开死簇子，间掉弱苗、小苗，每埯保留2株大苗、壮苗。

（2）除草　对大豆苗期未杀死和后滋生的杂草，要及时铲除。

（3）防病治虫灭鼠，减轻为害　搞好预测预报，如发现病虫为害，应及时进行防治，把损失降到最低。造林地灭鼠，首次可选用1.5%甘氟玉米渣毒饵，条件成熟的，最好选用0.005%溴敌隆毒饵或0.015%~0.020%氯敌鼠钠盐毒饵等慢性杀鼠剂，及时防治。

三、人工造林幼树林经间作

（一）立地条件

人工造林山地实行林农间作就是在林木之行间套种农作物。农林间种可以减轻幼林地的水土流失和促进林木生长，加快林木成材。开山造林，传统上采取劈杂炼山，全垦深翻

整地，全面除草松土抚育幼林的造林技术，常常造成幼林地水土流失严重的后果。土壤团粒的水稳性变差，结构受破坏，物理性质恶化。据研究，炼山后土壤容重增加，非毛管孔隙减少，水稳团聚体含量降低，土壤分散系数增加，说明炼山后地表裸露，雨滴直接冲击地面造成团粒分散，非毛管孔隙被破坏、堵塞，土壤渗透性下降，使坡地径流量增加，坡度越陡越严重。炼山地的土壤侵蚀量有时竟可比不炼山的林地增加数百倍以上，从而导致严重的水土流失和地力衰退，造成林木生长后期营养不良，影响林木的正常生长。实行全垦深翻整地，其每年的径流量与泥沙流失量均甚大，至第四年其径流量仍分别是带状整地的 22 倍和 16 倍。实行林农间作，适时在幼林地的裸露地面种上农作物或绿肥作物，争取在春雨来临时，其枝叶把裸露地面覆盖住，其根部把疏松的表土固结住，水土流失就可以大大减轻。

在林间间种农作物必须掌握 3 个原则。第一是要做好水土保持工作。因为在山坡林地上间种作物要翻土整地、筑畦，有的还要中耕松土，很易引起水土流失。因此，林木和作物都必须横向等高水平种植。林木的横行稍放宽一些，以便能筑畦种植作物，顺坡的株距稍窄一些，以保证林木的预定密度。作物种植畦就在林木横行内修筑。过陡或破碎的坡面只能种草或绿肥，不要种农作物，以免引起水土流失。第二是在幼小苗木的根区附近不要深锄，以免锄伤或震动树苗，而影响林苗的成活。第三是间种农作物要施足基肥，这样不但能保证间种作物丰收，也有助于促进林木生长。基肥最好是有机肥与化肥混合施用，化肥最好是用 N、P、K 复合肥。

（二）树龄选择

选择人工造林早期进行农林间作，一般在幼林中间种作物，一般可间种 2 ~ 3 年。作物不要连作，要轮作，并要重视施用 P 肥。

（三）技术要点

1. 豇豆 豆科作物根部有根瘤菌可以固 N，不耗费地力。如只收种子不收秸秆，翻埋入土还可以培肥土壤，是间作首选的好作物。但选种豆科作物，必须注意接种根瘤菌，因为新开林地土壤中一般都缺根瘤菌。接种方法很简单，主要是看播种哪一种豆科作物，在播种前就去采集曾种过此种豆类的园地上的土壤拌入豆种中，随种子播下即可以了。有了根瘤菌种原，以后只要水肥调节得好，就可以保证丰收。

适宜在林地间种的豆科作物有豇豆、大豆等。豇豆种子可作蔬菜或糕饵，茎叶可作饲料和绿肥。虹豆的适应性强，能耐热耐旱。种植虹豆要在造林后、谷雨前进行整地播种。播种要用灰肥或钙镁磷肥为基肥，最好是复合肥。播种采用穴播，每穴播种 3 ~ 4 粒，穴距约 50cm × 50cm，播后 20d 进行第一次中耕除草，此后视土壤板结和杂草生长情况再进行 1 ~ 2 次中耕即可。虹豆长至“夏至”前后豆荚老熟即可采收。种豇豆较省工，从种到收每公顷只需花 90 个工时。每公顷产量 250 ~ 300kg。

2. 大豆 有春大豆和秋大豆之分。春大豆植株较矮小，覆盖度差，产量较低，且在台风暴雨季节前即成熟，收获后对保持水土作用较差。除秋旱严重的山地外，最好种秋大豆。秋大豆中以青皮豆较好，这是一种适于果园套种的油粮兼用品种，茎叶、种子产量均

高，覆盖度高，有利于水土保持。其茎叶不但适作绿肥，也适作肥料。青皮豆一般是芒种至夏至之间播种，11 月上旬收获。但为了增产茎叶和提高水土保持作用，可提前到立夏播种。播种方法用穴播，穴深 5cm，行、穴距 20cm×27cm，每穴播种 3～4 粒，每公顷播种 45～60kg，每穴留苗 2 株。青皮豆对土壤的适应性较广，如土壤 pH 值在 6 以下，可在整畦时施用少量石灰，每公顷 400～600kg。播种时穴底用土杂肥拌适量复合肥为基肥，种后最好用腐熟的厩肥灰肥或垃圾肥盖种。如土壤过瘦、苗情太差，要适当追施一些 N、P 肥。每公顷可收青皮豆 500～750kg。青皮豆主要病虫害是蚜虫，如出现蚜虫，可用低毒药加以防治。

3. 芝麻 芝麻较能耐旱，但怕涝，因此，要选沙质土壤种植。栽培芝麻要在“小满”后整地，整地不宜过深，但要精细。因为种子细小，芒种后选择雨后、林地土壤湿润时播种。播种采用撒播，每公顷约播种 3kg。为了使播种均匀，可以用适量的干细沙混拌，播后畦面要盖一层极薄的火烧土或灰肥。种芝麻一般只要除草一次，并结合间苗，拔除过密的幼苗。芝麻在寒露至霜降期间成熟，每公顷可收 220～240kg。

4. 薏苡 薏苡适应性较强，喜黏质土。实行林农间种，一般在谷雨至立夏之间播种。播种宜用穴播，出苗较均匀，产量较稳定。播种前穴内要施基肥，基肥最好用腐熟的厩肥，如无也可用含 N、P、K 的复合肥。行株距 20cm×25cm。每穴播种 2～3 粒。播后用火烧土盖种，出苗后 20d 左右进行第一次中耕除草，结合疏苗、补苗，把过密的苗移到缺苗穴中，每穴定苗 2 株。再过 10d 左右可进行第二次中耕除草。播种后，如因缺肥生长不良，可适当追肥。秋分前后成熟，每公顷可收 250～300kg。

（四）效益分析

1. 水保作用 农林间种可以减轻幼林地的水土流失和促进林木生长，加快林木成材。

由于林间套种了农作物，施肥改土和耕作管理，大大改善了林木生长的立地条件。间种的农作物还会遗留许多有机物，可提高地力，这将会大大促进林木的生长和保持地力。

2. 加快林木成材 在杉木林幼林地上，施肥管理连续 3 年间种农作物的杉木林 20 年即可砍伐，可比未间种的杉木加快 10 年成材。可以促使“小老头林”复苏。不少地区造林未按适地适树原则，或者整地抚育不适时，或者林地土质过于干旱瘠薄，加上种植粗放、长期失管等原因，而使所种林木生长迟缓，甚至不生长，形成了所谓的“小老头林”。特别是“小老头松”的存在更为普遍。这些“小老头松”林地上如能结合林农间作，施用肥料，锄松地面，很快就可以促使其复苏生长。水土流失区应用林间施肥套种牧草的办法，对大面积“老头松”进行了治理，收到显著效果。根据定点观测，未治理的“老头松”每年抽梢量仅 3～5cm，而施肥种草后的翌年抽梢量就达 55cm，由此，可见其效果之大。

3. 保护林木，提高保存率 中国造林面积因失管，受人为破坏很严重。因此，在社会上流传着“年年造林不见林”的说法。特别是缺柴地区和乡村的近山，营造的马尾松幼林多被樵夫有意无意地随采芒箕草薪柴而被砍掉。如果这些地区在造林的头三年实行林农间种，幼林行间不长芒箕草，无柴可砍，樵夫就不敢到林内鱼目混珠地肆意破坏幼林。

4. 增加造林效益和以短养长 调动群众积极性。根据群众经验，农林下间种青皮豆

每公顷一季可收500～750kg，种虹豆可收200～300kg，种芝麻可收220～280kg，种薏苡可收250～300kg，种旱稻可收60～80kg。这些收入对山区林农不无少补，并收到以短养长效果。

四、退耕还林地林经间作

（一）立地条件

退耕还林工程对构建水源地及风沙源头生态屏障意义重大。但大量的退耕还林幼林地，对于农民没有收入。如何做到退得出、保得住、成林快、能致富，对农村、农业产业结构调整和农村发展做贡献，有许多技术环节需要深化研究。在这些幼林地间作不同作物，可以形成一定的收入，对幼树林的生长也有很大影响。目前，林草、林药、林油、林菜、林果及林下种香料、花卉模式，经各地的不断实践，现已初见成效，既能增加农民一定经济收入，又能促进幼树自身生长，提高还林质量。

（二）技术要点

4月中旬在林地播种花生和扦插红薯秧。花生播种时施三元复合肥（N∶P∶K＝8∶10∶10）40kg/亩作底肥，密度为12 000株/亩；红薯扦插时以三元复合肥（N∶P∶K＝8∶10∶10）40kg/亩作底肥，密度为3 000株/亩。中耕3次。生产管理同大田。

（三）效益分析

间作红薯播种时投入50元/亩，间作花生播种时投入70元/亩，使用人工大致相同。产出：间作条件下，红薯产98.5kg/亩，当年市场价0.3元/kg，收入为299.5元/亩，除去物化投资净收入249.5元/亩；间作条件下，花生产量为148.6kg/亩，当年市场价4.0元/kg，收入594.4元/亩，除去投资净收入524.4元/亩。因此，幼林地间作花生比间作红薯每亩能为农民增加经济收入274.9元，而无间作的幼林地则无收入。

幼林地间作花生，由于花生的根瘤菌自身的固氮作用，以及能缓解土壤冲刷，提高土壤保水、保肥和抗旱能力，加速土壤熟化，对促进幼林的生长作用十分明显，无论在株高、树茎粗，还是分枝数上的促进作用都达极显著水平。因此，幼林地间作花生，不仅可以增加油料作物总产量和经济收入，而且能促进树林的生长。

幼林地间作花生是一项以短养长、用养结合、提高土壤资源综合利用率的农业综合措施，对于山区省份，积极实施幼林地间作花生，对农村经济持续发展、保障退耕还林质量有十分重要的意义。

五、桉树间作甘蔗

（一）立地条件

桉农间作是将农业和林业有机结合起来，建立成为生产力高、农林产品多、综合效益好的林农复合系统，是具有实际价值的发展模式。一方面桉农复合经营在保证木材产量不

降的情况下，同时增加农作物生产，解决了林地短期收益和长期收益之间的矛盾，满足社会需求，促进农业、林业的协同发展。另一方面桉农复合经营还可以最大限度地提高作物群体对逆境生理的抗性，控制或减轻某些病虫害的发生，收到“不施农药，胜施农药”的效果，促进间作系统稳定可持续发展，实现生态、社会和经济三大效益共同发展的目标。

（二）树龄选择

桉树幼树，树龄1.5年，树高5m。

（三）技术要点

桉农间作系统中，桉树种植宽窄行双行种植，宽行18m，窄行2m，株距0.8m。甘蔗种植株距80cm，行距30cm，间作在桉树宽行内。

（四）效益分析

桉农间作系统中，甘蔗含糖量为19.47%~20.86%，平均糖分20.25%，与单作差异不显著，达到榨糖的含糖量标准。产量仅比单作对照产量下降10%。加之桉树长期收益，超宽行桉农间作模式具有可行经济效益。

第二节　林菜间作

森林蔬菜，是指在现有的菜地里，栽植优良、适宜的树木，营造一个良好的森林环境，实现林菜间作。这种方式非但不会影响蔬菜的产量，经长期试验观察研究，反而可提高蔬菜的产量和品质。主要有以下几方面的原因。

森林可大大降低风速，调节气温。天冷时，可提高地温，特别是天气炎热时，又可大大降低气温，为蔬菜营造一个凉爽的适宜环境。

树林可很好控制光照强度和光照时间，减少光为害。树林像一个巨形的遮阳网，可保护蔬菜在最佳的光照条件下生长，提高蔬菜的品质，减少老化，延长采收期和销售期，起到自然保鲜作用。

树林含有丰富的萜烯类物质，它能散发一种芬芳的香气，杀死细菌，大大减少病害，减少农药用量。树林里积累许多负氧离子，极有利于蔬菜健壮生长，增强蔬菜的抗逆性，这是任何药物无法达到的。树林可吸附各种有毒气体，降低农药残留，净化环境，减少污染，有利于无公害蔬菜生产。森林蔬菜是继有机蔬菜后又一特色产品。

一、桑树间作蔬菜

（一）立地条件

桑树是一种多年生、阳性、落叶、深根性木本植物，以成林桑而言，每年绿叶期只有

6个月左右。而叶面积指数在3以上只有2~3个月，在2以下的时间有4~5个月。叶面积指数在2以下，其他作物就能正常生长和发育。光照强度与叶面积指数呈负相关，叶面积指数越大，桑园内通透性越差。根据桑树有明显落叶期（休眠、伐条）和绿叶期的生长特性，以及各种经济作物的不同生理特征，灵活运用“时间差”和“空间差”进行合理搭配，充分利用不同土层的肥力、水分，在桑园的行间套种不同的经济作物，创造一个互补共栖的良性生态立体模式。由于套种经济作物的枯枝败叶的腐烂、施肥与灌水，既能增加桑园所需的N、P、K及其他有机质的含量，活化了土壤，又能提高桑园单位面积总体经济效益。

（二）树龄选择

成年及幼桑树林均可。需要注意桑园间种蔬菜，应以养蚕为主，不能顾此失彼，与桑树争水争肥，影响桑树正常生长和养蚕。在生产上，不能套种木本植物和高秆作物，如树木、高粱、玉米等，也不能套种缠绕性强的作物。各种作物有着不同的生理特点，必须合理搭配，达到相互促进共同生长的目的。如套种蒜苗，它能分泌一种大蒜素，增强桑树抗病性，而种植马铃薯则能促进桑树根瘤线虫和紫纹羽病的发生，套种烟叶则能降低桑叶品质，影响养蚕。另外，在桑树旺盛生长期内，必须以提高桑叶产量和质量为目标，一般不宜套种其他作物，以促进桑树生长。

（三）技术要点

1. 桑树—莴笋—南瓜 桑园间种莴笋的品种可选用耐寒、抗病、早熟的圆叶莴笋。徐州地区宜在8月底9月初育苗，10月上中旬选择叶片平展、肥厚、茎缩短的壮苗开沟定植桑园行间。栽植最好为东西行，背风向阳，行距、株距为30cm×20cm，宽幅为1m，每亩植4 000株左右。定植后要加强肥水管理，以形成强大的根系和健壮的莲座叶。4月上旬当莴笋最外叶与心叶平展时，即可收获上市，有条件的可用塑料布覆盖，能提早上市。

莴笋收获后，于5月上旬栽植南瓜。南瓜采用育苗移栽的方法。在3月底4月初采用保护地打钵育苗，当南瓜苗长至3~4片叶时，揭膜炼苗移栽，每穴2~3株，穴距200cm。5~6叶时相向压蔓。8~10叶时主蔓着生雌花，花开后及时进行人工授粉，提高坐果率。此时正是南瓜生长最旺盛期，要加强肥水管理，重施结瓜肥，待第二瓜坐牢后，在瓜前留2~3叶进行摘心，并切除所有侧蔓。一般在南瓜生长15d前后采摘嫩瓜，以便第二瓜的生长。

2. 桑树—蒜苗—花椰菜 蒜苗的出苗期需要荫蔽潮湿的环境和较低的湿度，所以桑园行间内套种蒜苗宜在8月底9月初，中秋蚕结束后进行。此时桑树中下部叶片已经用完，便于田间操作。首先要施足基肥，每亩土杂肥3~4m^3，复合肥30~35kg，尿素25~30kg。深耕后即可种植，行株距10cm×3cm，每亩桑园用蒜种250kg左右。出苗后要及时清除杂草，有条件的在11月上旬霜降前盖一层塑料布，以提高地温，促进蒜苗生长。这样12月中旬即能上市出售。清园及时搂平土壤，准备定植花椰菜，花椰菜品种应选择早熟抗寒的“日本雪山”为宜。花椰菜种子应在10月上中旬育苗，12月底至翌年元月初定

植。畦宽 1m，每畦栽 3 行，然后搭拱棚覆盖塑料布。坐球后，应及时加强肥水管理，3 月底后即可采收。

3. 桑树—菊花菜—包菜　桑园间种菊花菜主要采取育苗移栽的方法。菊花菜性寒，非常适应秋冬季露地栽培。徐州地区应在 9 月上中旬育苗，10 份晚秋蚕结束后定植在桑行内，这时叶面积指数在 0 ~ 1 之间，通风透光，易于操作。菊花菜 5 ~ 30℃ 条件下都可生长，尤其在 18 ~ 23℃ 生长最旺盛，所以入冬前应加强肥水管理，争取在霜冻来临之前收获。并及时清园，施基肥，翻地，于 12 月初做畦培育包菜苗。以抗低温、早熟、丰产性状好的 8398 为当家品种，培成壮苗后在元月中下旬定植在桑园行间。行株距 40cm × 30cm，并及时覆盖塑料布。当田间包菜有 80% 的结球后，要结合灌水重施一次结球肥，每亩施 25kg 尿素，在春蚕前即可上市。

4. 桑树—菠菜—香菜　菠菜性寒，是一种低温型蔬菜，温度较高时种植极易抽薹，在桑园行间套种宜在 10 月中下旬。首先对桑树进行束枝，以便于田间操作。在菠菜播种前，每亩先施土杂肥 3 ~ 4m^3，然后施尿素 15 ~ 20kg。整地后即可撒播菠菜种，每亩用量 2. 5kg。在撒播前将菠菜种晒 1d，然后把种子摊在水泥地上用脚来回搓，搓破表皮即可，以利种子萌发，这样菠菜一周后即可出苗。出苗要及时间苗除草，并加强田间管理，12 月份即可陆续收获。菠菜收获后，于 2 月底采用保护地种植芫荽（香菜）。由于当时气温较低，一般 20d 前后才能出苗。出苗后应结合灌水重施一次 N 肥，一般每亩施 10 ~ 15kg 尿素，并根据气候及时揭去塑料布。春播香菜由于气温的升高易抽薹，所以，在 4 月中旬应喷多效唑，以控制和推迟抽薹，春蚕前上市结束。此时香菜正好弥补越冬香菜收获后的空缺，市场行情看好。

（四）效益分析

目前，铜山县每年只饲养两期蚕，即春蚕和晚秋蚕。晚秋蚕结束后到翌年 4 月这段时间，是桑树的缓慢生长期和休眠期，同时，也是劳动力最充足的时期。充分利用桑园闲期空间，合理套种蔬菜，不仅可以增加桑园的收入，而且还可以改善土壤结构，活化土壤，提高土壤肥力。继而又促进桑树生长，形成一个良性循环。

一般 1 亩桑园全年可饲养 3 张蚕，产茧 110kg，收入3 000元。如果按照上述模式套种蔬菜，根据历年经验，一般亩产蒜苗 750kg，单价 2. 4 ~ 3. 0 元/kg，可收入2 000元左右，再套种一季春菜花又可收入1 000余元，这样桑园一年仅间作套种一项就可以超过全年养蚕的收入。所以，桑园套种蔬菜，不仅变桑园的粗放经营为集约经营，提高了复种指数，使桑园的效益达到最大化，而且能保留养蚕劳力，促进蚕桑生产的稳定发展。

二、杨树与茄果类间作

（一）技术要点

1. 种子处理　辣椒种子浸泡 36h 后捞出晾干，待出芽率达到 98% 方可播种。造林地每亩用种子 1. 2kg。

2. 整地　杨树第一遍水浇透后，进行土壤消毒，均匀撒施基肥，每亩施二铵 50kg、

尿素 40kg。犁地耙平后铺地膜。

3. 播种 采用播种机播种。株距 10cm，行距 50cm。

4. 出苗 气候正常情况下，播种后一个月观察出苗情况。每下 1 次雨须破除种子上的板结土壤，播后 20 ~ 25d 辣椒苗可出齐。

5. 田间管理 辣椒出苗后，拔 3 次窝子草后间苗。结合中耕，喷施高效肥 1 次。喷施 3 次高效肥后，追肥 1 次，每亩追施二铵 20kg、尿素 5kg。在辣椒生长期喷高效肥 7 ~ 8 次，平均每 10d 喷 1 次。夏季喷施防病虫药。

6. 注意事项 杨树丰产林间作辣椒以潮地为好，石头地、干旱地不宜种植。种植辣椒时不能浇水，浇水后辣椒死亡率达 90% 以上。若辣椒地太干燥，可在植树沟放少量水，缓慢浸入。

（二）效益分析

每亩用种费 30 元，病虫害防治费 36 元，肥料费 240 元，机耕费、播种费 60 元，人工费 214 元，高效肥 80 元，其他费用 334 元，每亩地种植辣椒成本总计 994 元。

林间种植辣椒，每亩产量可达 2t 左右。以 2007 年辣椒平均价格每千克 0.85 元计算，每亩产值在 1 700 元左右，利润 800 元左右。

三、其他林木间作蔬菜

（一）林木间作黄花菜

黄花菜又叫金针菜，是百合科萱草属的多年生草本植物。原产于亚洲及欧洲温暖地区，中国自古有栽培。大面积栽培并且品质好的黄花菜主要在河南淮阳，陕西大荔，江苏宿迁、泗阳，湖南邵东、祁东等县。黄花菜食用部分为含苞待放的花蕾，是一种营养价值很高的蔬菜。其花蕾经干制后耐贮运，可四季供应。黄花菜属多年生蔬菜，由于它的根系强大而且分蘖能力特别发达，耐旱性较强，在生长发育期有适量降雨，就能满足根株生长发育的需要。在退耕地实施林菜间作造林模式，能够长短效益结合，既能涵养水源，拦土固埂，防止水土流失，还能在短期内增加退耕农户的收入。

1. 立地条件 黄花菜根健壮，耐旱性强，喜温暖，对阳光要求不严，对土壤适应性颇广，以排水良好的沙壤土或轻松的黏壤土为最好。所以，黄花菜栽培宜选择便于管理、光照充足、地势平缓的退耕地中下部，土壤以沙壤土为宜。

2. 技术要点 退耕林地间作栽培黄花菜应掌握以下技术规程。

（1）整地方法 在退耕地林木栽植区，全部采用“16543”水平沟整地模式实施整地。做法如下。

① 放线 沿等高线画线，线与线之间水平距离 5m。

② 筑埂 先沿基线将活土铲起 1m 多宽，上翻堆放备用，然后，以 1m 宽的死土筑埂，要求按标准踏实拍光。

③ 回填 从沟内上坡铲土连同前面翻堆的活土一起回填沟内，做成 1m 宽的反坡田面，要求虚土层达 0.3m。整修成形的“16543”水平沟底面宽 1m，长 6m 反坡，外缘拦

水埂高0.5m，埂顶宽0.4m，上下沟中线之间的水平距离5m，隔坡中间3m。整地时间应在造林头年秋季，这样整修成形的水平沟可有效拦截地表径流，蓄水保墒。

（2）林木栽植　水平沟内栽植山杏或山毛桃，山杏株距2m，每亩栽67株，山毛桃株距1m，栽133株。栽植坑规格30cm×30cm×60cm。山杏、山毛桃采用一年生健壮、无病虫害苗木，深栽后截杆，留干长5cm，栽植深度以埋土线超过苗木原土印3~5cm为宜，然后再培10cm高土丘防止风干。

（3）黄花菜栽培技术　黄花菜栽培技术包括选择苗木、栽植、施肥等环节。

① 苗木选择　供繁殖用的种苗，应选花期早、花茎和花蕾多、肉质根肥嫩的健壮植株。种苗挖掘要尽量保留肉质根，除去腐朽部分，但不可伤根太多，否则生长衰弱。栽植后第一年没有收成或产量低。苗木挖出后，最好随选随栽。

② 栽植时间和方法　根据气候特点，栽植以在4月上中旬为宜。黄花菜应栽植在水平沟间的隔坡上，株距40cm，行距50cm，或在水平沟边埂外缘中下部，挖30cm×30cm的植栽坑，亩施有机肥5 000kg。栽时先往坑内回填活土10~15cm，然后将肉质根放入坑内，每穴2~3株，使须根系舒展后，再回填活土埋根，覆土后压紧，使根和土壤密接。埋土的深度以10cm左右为宜。栽植过深，分蘖缓慢，进入盛收期要延迟1~2年；栽植过浅，分蘖虽快，但苗小、苗弱，产量不高。

③ 施肥　黄花菜的施肥可分冬肥和追肥。冬肥指秋苗经霜冻凋萎时或解冻后在株丛间打孔，每亩施有机肥1万kg，促进根系生长，满足分蘖需要。追肥分3次进行。春季发芽前施催苗肥，每亩施过磷酸钙30kg，尿素20kg，以促进春苗早发，旺盛生长，早抽薹；5月施催薹肥，促进花茎发育整齐，花蕾肥大，每亩施尿素15kg，$(NH_4)_2HPO_4$ 10kg；7月花蕾采摘期施追花肥，每亩用10kgNH_4NO_3加水淋施根际，以维持植株正常生长，延长花蕾采摘期。追肥方式也采用株间打孔追肥。

④ 垫土　黄花菜新根有逐年上移的特性，应在施底肥之后，再垫1次肥或细土，耐旱防旱，并有利于根系发育。每亩垫土5 000kg左右，施后耙平地面。

⑤ 病虫害防治　黄花菜病虫一般发生在8~9月，对秋季种苗为害极大。降雨过多，容易发生叶枯病，使叶从尖端逐渐枯黄而死。除加强中耕，及时进行培土以减轻为害外，可用50%多菌灵可湿性粉剂0.2%溶液喷雾防治。天旱或土壤干燥，容易发生红蜘蛛和蚜虫，使用石灰硫磺合剂可兼治红蜘蛛和叶枯病。蚜虫可用有关药液进行防治。锈病可用15%三唑酮可湿性粉剂0.05%溶液喷雾防治。

（4）黄花菜采收与蒸晒

① 采收　黄花菜的采收、蒸菜、晒菜是一项细致、紧张的工作，与品质关系很大。要做到适时、及时。采收期依品种、气候条件而不同，一般在6~7月。充分成长的花蕾多在13：00~15：00时开放，所以，一般采收宜在11：00时以前或17：00时以后进行。如果开花后采收质易变劣，蒸煮后易散开，尖端变黑，也不宜采摘过早，以免影响产量。采摘时应做到轻、巧、细、快，不留开花菜，不撞坏幼蕾，不损坏花薹，每日按一定地点顺序采收，则采摘的花蕾大小整齐一致。

②蒸晒　采后的蒸晒加工技术对产量、品质及贮藏性都有很大影响。花蕾采回后应立即蒸制，以免花蕾开放。蒸制方法是把花蕾放入蒸笼中蒸8~10min。蒸制时间要掌握好，

时间短了，花蕾未熟，风味不好；时间长了，花蕾发黏且呈黑色，都影响品质。一般蒸制成品是里生外熟，花蕾单独取出后，刚发软而稍带下垂。蒸制过的花蕾，暴晒2～3d，含水量为14%～15%，即可贮藏。若遇阴天或雨天，可用烘道烘干或将鲜花蕾用盐水浸泡24h后取出晾晒。一般在晴天采的花蕾，每2.5～3kg鲜花可制成干花1kg，每亩收干花100～200kg。

（二）林木间作菊芋

菊芋（*Helianthus tuberosus*），别名洋姜，鬼子姜。菊科向日葵属多年生草本植物。地下形成纺锤形和不规则瘤形块茎，生长势强，植株高大。菊芋是农产品深加工附加值较高的一种作物，可以制成菊粉，是一种保健药材，块茎富含维生素C、维生素B_1、维生素B_2、维生素A和丙氨酸等14种氨基酸。鲜菊芋可煮食、切片油炸，也可酱制后食用。菊芋还可医用，其块茎性味甘，平、无毒，含葡萄糖、淀粉、多缩戊糖，能利水去湿和中益胃；可作利尿剂，有清热解毒作用，为糖尿病患者的良好食品。鲜嫩叶或鲜根加食盐少许，捣烂外敷患处，治小儿无名痄腮。

1. 立地条件　退耕林地间作菊芋，一般坡度在0°～18°，土层深厚肥沃，栗钙土，年降水量350mm以上，雨养旱作。无霜期130～140d。退耕林带宽窄行设置，林窄草宽，林地1m，草带3m。

2. 技术要点

（1）播种技术　繁殖菊芋一般连种连收，用块茎进行无性繁殖。菊芋因无栓皮组织，易在空气中失水而降低发芽率，并易感染病，因此，需随用随掘。播种宜用30～50g的整薯播种，下种时间以春分至清明为宜，行距50cm，株距30cm左右，要求密度30 000～36 000株/hm^2。播种方式为穴播，播种深度10cm，播种量600kg/hm^2，第一年播种后2～5年内不必再播，每年收获后残留在土壤中的块茎足够翌年的种量，但缺苗处需进行移栽补苗。

（2）管理（表Ⅳ-2-1）

①整地施肥　栽植菊芋一般深翻30cm，播种前20d左右施足基肥，农家肥30 m^3/hm^2，三元复合肥300kg/hm^2，浅翻入土。

②中耕除草　出苗后要及时补苗和中耕除草。一般20d后中耕，深度6cm左右。第二次中耕在现蕾以前，结合培土，为块茎生长发育创造条件。

③追肥　在施足基肥的基础上，生长期需追肥两次。第一次在5月下旬，追尿素150kg/hm^2，第二次在现蕾初期，结合降水施K_2SO_4 25kg/hm^2。

④摘蕾　在栽培翌年块茎膨大期要摘花摘蕾，以促使块茎膨大。

⑤收获　秋后正值块茎快速生长期，待10月上旬茎、叶完全被霜冻死即可收获地下茎。

⑥冬季贮藏　菊芋贮藏怕热不怕冷，在0℃以下开始冬眠，只要有土盖住，-50℃也不会被冻死，翌年仍可发芽生长。但地温达2℃时即开始萌发，影响菊芋质量。在贮藏时，秋季挖一个浅窖，把菊芋放入，随即撒上沙土，保持湿度和足够的通气，然后四周盖上5cm土，不要让菊芋暴露出来即可。大量贮藏时要扎草把子做几个通气孔。

表Ⅳ－2－1　在阴坡无灌溉条件时不同管理措施下产量比较（单位：kg/hm^2）（杨月梅，2009）

坡位	摘蕾	自由生长
上部	29 875	28 250
中部	28 450	26 500
下部	26 250	23 180

3. 效益分析　不同栽培条件下产量有很大区别；从栽培坡向分析，阴坡土壤墒情好于阳坡，阴坡产量明显高于阳坡，半阴坡介于两者之间。从栽培坡位分析，上部土壤墒情好于下部，上部产量高于下部，中部介于两者之间。从栽培年限分析，翌年菊芋萌发早，生长时间长，出苗整齐，产量高于当年（表Ⅳ－2－2）。

表Ⅳ－2－2　不同立地条件、不同栽培年限菊芋产量统计表（单位：kg/hm^2）（杨月梅，2009）

立地条件	阴坡		半阴坡		阳坡	
	当年	翌年	当年	翌年	当年	翌年
上部	27 150	28 275	24 902	26 025	23 950	24 907
中部	25 508	26 403	24 150	24 752	20 404	20 704
下部	20 250	23 106	19 501	24 705	15 753	18 750

菊芋以0.6元/kg的价格收购。当年播种秋季收获菊芋15 753～27 150kg/hm^2，收益达9 452～16 290元/hm^2。翌年秋季收获菊芋18 750～28 275kg/hm^2，收益达11 250～16 966元/hm^2。退耕地间作菊芋，种子来源充足，销售渠道畅通，市场前景看好。

本章参考文献

1. 杜雄，窦铁岭，冯丽肖等．2008. 华北农牧交错带退耕区榆树幼林—南瓜间作的农田生态效应．中国农业科学，41（9）：2 710～2 719

2. 高运青，张立峰，宋晋辉等．2006. 冀西北高原还林地林带间水分动态与资源适度利用研究．河北农业大学学报，（6）：52～55

3. 郭贵敏，李正强，杨顺国．2006. 花生、甘薯间作对退耕还林幼树生长的影响．贵州农业科学，（02）：47～48

4. 李贵福．2008. 林菜间作财运久长．致富天地，（10）：8

5. 林培群，杨怀，余雪标等．2009. 桉农间作系统中甘蔗生长发育指标研究．安徽农业科学，（36）：17 962～17 964

6. 刘三宏，林福兴．1998. 实行林农间作促林保土增收．福建水土保持，（01）：21～32

7. 刘正林，陈桂玲．2006. 意杨林间作苎麻高产栽培技术．现代农业科技，（2）：52

8. 石亚娟，张瑾，燕贲恭．2005. 宁南山区退耕林地黄花菜间作技术．林业实用技术，（10）：32～33

9. 田景瑜，陈建业等. 2002. 泡桐烟叶间作效益研究. 河南林业科技，(2)：27～29

10. 王颖，商海华等. 2003. 农林间作系统林木遮阳及其对产量的影响. 中国生态农业学报，11（2）：107～110

11. 杨月梅. 2009. 退耕还林地间作菊芋的栽培技术. 青海农林科技，(3)：83～84

12. 张国君，盛海波，周梅等. 2008. 杨树林地郁闭前林农间作研究. 湖南林业科技，35（2）：31～32

第三章　林草间作

第一节　林草间作的意义

一、退耕还林地区林草间作的意义

（一）控制水土流失，减少径流

林草结合有利于防风固沙、保持水土、涵养水源、净化空气、提高植被覆盖度、抗旱减灾和抑制林火。退耕还林还草过程中所种植的林分绝大多数是纯林，然而人工纯林的水土保持作用是十分有限的，尤其是林相单一的阔叶林，雨水能在宽大的叶面形成较大雨滴，如果林下地被物较少，雨滴就会对地表产生较强的击溅作用，从而引起水土流失。研究表明，林内有枯枝落叶层的年份侵蚀模数为 $17t/hm^2$，而无枯枝落叶层的则为 $58t/hm^2$；草本植被较农荒地径流减少 37.5%，冲刷减少 47.2%。因此，林地水土保持作用的大小，最关键因子还不在林子本身，而在于林分的冠层结构和林下地表草本植被、枯枝落叶层的有无和厚薄，然而，通过人为地选择树种增加林地枯落物是不现实的，切实可行的是林下种草。

林下种草可以减少水土流失。其机理在于：草的茎叶可以截留降雨，减少雨滴击溅侵蚀；草的枯茎落叶平铺于地表，在茎秆的支撑作用下，拦蓄地表径流，减缓径流流速，从而降低泥沙携带能力，减少细沟发育；草的根系发达、须根密集，能增加坡地土壤中水稳性团聚体的总量、改善土壤团粒结构、减小土壤容重、增加土壤孔隙度、提高土壤储水量、固持土壤、增强土壤抵抗径流和雨滴击溅对其分散、悬浮和运移的能力，从而遏制土壤侵蚀。同时，草可以作为先锋植物，在一些较瘠薄的坡地上先种植蒿属植物和豆科牧草，固结土壤、加快成土速度、增加土层厚度和提高土壤肥力，然后再种树可降低造林难度、提高造林成活率。特别是一些优良的草本植物具有生长快、适应性广、耐阴性强、抗逆性强、根系纵深发达的优良特性，在较短的时间内就能覆盖地表，起到良好的水土保持和固土护坡作用。

坡地上种树或种草具有一定的水土保持作用，林下种草具有较好的水土保持效果。在 1991～1993 年遂宁市玉峰乡的 30°坡地上，8 月份无草裸地土壤流失量达 5 100t/km^2，而种草地土壤流失量与其相比减少 64.4%。根据中国农业科学院红壤试验站的研究，植被自然恢复区（对照）、直接种植牧草、灌木＋牧草的土壤侵蚀模数每年分别为 3 333

t/km^2、2 419t/km^2、1 466t/km^2。对不同林草植被覆盖度下小流域径流泥沙变化的研究发现，小流域林草植被具有良好的减水减沙效益，小流域防治水土流失林草植被覆盖度最低下限值为60%、取得最佳水土保持效果林草覆盖度值为78%，流域径渗比临界值为林草覆盖度65%。对皇竹草的研究发现，在降水量为31.9mm和72.5mm的情况下，皇竹草坡地的单位蚀沙量分别为0.32g/m^{2}和0.68g/m^2，比空旷坡地减少68.93%和71.43%，有效地减少了土壤侵蚀。据黄河委员会天水水保站梁家坪试验场1954～1956年的研究发现，草木樨与扁豆、谷子间作，坡地3年平均减少径流68%～75%，减少侵蚀量50%～72%；间作紫花苜蓿与一般农作物比较，第二、第三年的径流量分别减少55.1%和87.1%，侵蚀量分别减少93.8%和94.5%。以上的研究结果说明了在坡地上种草具有良好的水土保持作用，而林下种草实行林草结合，提高地表植被覆盖度发展立体林牧种植模式，具有较好的水土保持和改善生态环境作用。

（二）培肥地力

林下种草在防治水土流失的同时，还促进林木生长、提高林地土壤肥力。杨、柳树林下种植豆科牧草沙打旺，3年后种草地林木比非种草地林木平均每株胸径净增20cm，树高增长了3m以上；柑橘林间种植豆科牧草花柱草，2年后果园土壤有机质含量由原来的0.429%增至0.86%，含氮量由0.049%增至0.054%，速效磷由2μg/kg增至7μg/kg，速效钾由17μg/kg增至88μg/kg。

（三）养畜和养禽，增加收益

以政策为引导、以科技为指导、以市场为导向科学合理地经营林草模式，利用林木生长的时间和空间差异，最大程度地发挥坡地的生产潜力，更合理地利用林地空间，在兼顾生态效益的前提下，追求坡地单位面积的最大经济效益。在林下种草，林草结合，不仅林木能较好生长，同时林下还能收获牧草喂养畜禽，发展家庭养殖业。林产品可以获得经济收益，同时以牧草喂养畜禽的农户其畜禽产品可以获得较好的经济收益，不喂养畜禽的农户其牧草可卖给养殖场也可以获得良好的经济收益。

林下种草，其草的产量是比较可观的。广东揭西县近年来在柑橘林间种植豆科牧草花柱草，每年草粉产量可达7 000kg/hm^2，产值近4 000元/hm^2。坚尼草在相对光照为30%～65%的加勒比松林下种植能成活生长，年均干草产量可达8 589～11 044kg/hm^2。小叶杨林地间作沙打旺，年均产干草达6 417kg/hm^2。与林外相比，林内的光照条件显然较差，但从以上林内间种牧草的产量来看还是比较理想的。据有关报道，在饲养指标不变的前提下，用豆科牧草喂养畜禽可代替20%～30%的猪饲料、30%～45%的牛羊饲料和8%～10%的全价鸡饲料。所以，在退耕还林区，虽然农民失去了衣食之源——耕地，但他们拥有了林地，只要科学合理地经营利用好这些退耕还林地，选择合理的林草模式发展林产品加工业和畜牧业，生活水平会因退耕区生态经济的发展而不断提高，走上真正致富奔小康的康庄大道。

退耕还林区林草模式下稳定的林产品收益和良好的牧草收获，从根本上保证了山区农民致富奔小康。同时，由于山区养殖业、畜牧业和林产品加工业的不断兴起和健康发展，

有效地解决了山区农民因失去耕地而引起的闲置劳动力，在此基础上还可以逐渐解决山区的剩余劳动力，这有利于退耕还林区社会的安定团结和经济的可持续发展，以及退耕还林工程的进一步推广和实施。

二、其他地区林草间作的意义

实行林草畜（禽）结合，在林下建立放牧型人工草地，改善生态环境；可以通过发展优质肉牛、优质肉羊和优质三元杂交瘦肉型商品猪生产，对粪便等废弃物综合利用，提供清洁能源和优质有机肥；同时通过实行豆科和禾本科作物轮作、施用有机肥提高土壤肥力，施用生物农药防治病虫害生产有机饲料原料；也可按照有机食品生产的要求，采用林下种草放牧散养的方式发展有机肉鸡生产。

林下种草养鸡主要生产流程：自繁或购进的1日龄优质鸡育雏4周龄，脱温后采用分区轮牧的方式，在林下人工草地上放牧散养，适量补饲以自产有机饲料原料为主配制的全价有机饲料，16～18周龄出栏。并按照有机食品要求屠宰、加工、包装、储存、运输后销售。

林下种草放牧养鸡最适合鸡的生理和行为要求。林下种草放牧养鸡的生态养殖方式，不是仅仅给鸡提供运动场所，而是按450～750只/hm^2的低密度放牧散养，为放牧鸡提供了更为符合自然的生活空间。放牧鸡在林下草地散养，既适量接受阳光，树林又为鸡遮挡风雨，避免阳光过度照射。放牧鸡白天在相对偏远的林下草地放牧散养，夜间在简易鸡舍栖息。

林下种草放牧养鸡有利于健康养殖。鸡在草地上采食牧草、昆虫、砂土和接受阳光，不易缺乏常量、微量元素和维生素等营养物质。放牧鸡运动多，体质好，抗病力强。同时放牧场地相对偏远，有良好的天然防疫屏障。加上低密度放牧散养，可有效减少疫病发生。

林下种草放牧养鸡有利于保护环境。林下种草放牧养鸡，采用围栏轮牧的放牧方式，对草地无不良影响，可保持放牧草地永续利用。放牧鸡吃虫，可有效减少林地、草地病虫害的发生。同时鸡吃草，促进鸡生长；鸡粪排放在牧地上，既不污染环境，又给林地、草地施肥，有利于林、草生长。其过程包含了“牧草、养鸡”互促的良性循环。

林下种草放牧养鸡有利于提高肉鸡的品质。林下种草放牧养鸡的生态养殖方式，使用品质优异的优良鸡种，在无污染的饲养生态环境，采用低密度放牧散养的饲养方式，养殖期120d以上。在养殖过程中充分体现食品安全和产品风味、品质，可生产出安全、品质优异、风味佳的优质肉鸡。

林下种草放牧养鸡有利于减少粮食消耗。有机食品生产过程，要对资源实行充分、合理和循环利用。林下种草放牧养鸡的生态养殖方式，改变了传统的养鸡模式，在疏（幼）林地、经济林地和灌木林地建植以豆科牧草为主的放牧草地，以优质牧草作为养鸡的主要饲料来源之一。采用放牧散养，适量补饲精饲料的养殖方式，可减少精饲料消耗30%左右，较大幅度减少了精饲料消耗，提高了肉鸡生产的经济效益。

林下种草放牧养鸡的方式可以形成林、草、禽互相促进，协调发展，功能良性循环的畜牧业生产体系，有利于实现可持续发展。

第二节　适宜间作的牧草种类

一、豆科牧草

（一）苜蓿

苜蓿是豆科苜蓿属植物的通称，是多年生开花植物。其中，最常见的是作为牧草的紫花苜蓿（*Medicago sativa* Linn）。多年生草本植物。主根长，多分枝。茎通常直立，近无毛，高30～100cm。复叶有3小叶，小叶倒卵形或倒披针形，长1～2cm，宽约0.5cm，顶端圆，中肋稍凸出，上半部叶有锯齿，基部狭楔形；托叶狭披针形，全缘。总状花序腋生，花8～25朵，紫色。荚果螺旋形，无刺，顶端有尖暴嘴；种子1～8颗。花果期5～6月。在阳光充足，热量中等，气候干燥，有传粉昆虫的地区生长繁盛。

苜蓿适应性广，可以在各种地形、土壤中生长。但最适宜的条件是土质松软的沙质壤土，pH值为6.5～7.5，冬季温度-20℃左右，年降水量在300～800mm。不宜种植在低洼及易积水的地里。苜蓿的初生根能深入地下。植株生长20年以上时，若底土多孔则主根可深达15m以上，因此苜蓿对干旱的耐受能力极强。生长2个月时，籽苗的根可深入土壤90cm，5个月时达180cm。常见这种情况：新栽种的苜蓿能耐受严重的夏天干旱而其他根系较浅、分支较多的豆科植物因不耐干旱而死亡。



苜蓿

苜蓿茎枝收割后能迅速再生出大量新茎，因此，每个生长季节内可收割干草1～13次之多。可收割的次数及每个生长季节的总产量主要决定于生长季节的长度，对土壤的适应性，阳光是否充足，尤其是生长季节降雨及灌溉的数量和分布。

苜蓿以“牧草之王”著称，不仅产量高，而且草质优良，绿叶的苜蓿干草营养丰富，为牲畜所爱食。含约16%的蛋白质及8%的矿物质，又富含维生素A、维生素E、维生素D及维生素K。苜蓿除了用于饲养牲畜之外，还可以作为水土保持和护坡植物，园林上多作为盐碱地、贫瘠土地的绿化草种和景观野花用草种。

（二）草木樨

草木樨（*Melilotus suaveolens* Ledeb）为豆科二年生或一年生草本植物，俗名野苜蓿。主根深达2m以下。茎直立，多分枝，高50～120cm，最高可达2m以上；羽状三出复叶，小叶椭圆形或倒披针形，长1～1.5cm，宽3～6mm，先端钝，基部楔形，叶缘有疏齿，托叶条形。总状花序腋生或顶生，长而纤细，花小，长3～4mm，花萼钟状，具5齿，花冠蝶形，黄色，旗瓣长于翼瓣。荚果卵形或近球形，长约3.5mm，成熟时近黑色，具网纹，

含种子1粒。

草木樨的生态幅度很广，从寒温带到南亚热带，从海滨贫瘠的沙滩，到海拔3 700m的高寒草原，都有分布。它适应的降水范围为300～1 700mm。对土壤的要求不严，从沙土到黏性土，从碱性土到酸性土，都能很好地适应，所适应的pH值为4.5～9。在冬季绝对最低温-40℃和夏季最高温41℃的情况下，都能顺利地通过，因此，它的耐寒、耐旱、耐高温、耐酸碱和耐土壤贫瘠的性能都是很强的。



草木樨

草木樨适于生长于温暖而湿润的沙地、山坡、草原、滩涂及农区的田埂、路旁和弃耕地上。一年生的草木樨，当年即可开花结实，完成其生命周期，但二年生的，当年仅能处于营养期，翌年才能开花结实，完成其生命周期。在温带生育期为98～118d；亚热带，生育期长达183～230d。草木樨主要靠种子繁殖。在野生条件下，其产种量较高，自然繁殖能力较强，其细小的种子（或荚果），主要靠自播和风力传播，其50%左右的硬实，主要通过将种子寄存于土壤中越冬，腐烂种皮后，翌年萌芽出土。如果进行人工播种，播种前必须采取措施擦破种皮，以提高其发芽率和出苗效果，或模拟其天然情况下克服硬实的方式，采取冬季播种，以使翌年春季出苗整齐一致。草木樨为直根系草本植物，其颈部芽点不多，分枝能力有限，而大量的芽点分布于茎枝叶腋。所以，放牧或刈割，留茬不宜太低，如果要增加利用次数，只有适当增加留茬高度，一般留茬以15cm左右为好，每年可刈割2～3次。

草木樨开花前，茎叶幼嫩柔软，马、牛、羊、兔均喜食。切碎打浆喂猪效果也很好。它既可青饲，青贮，又可晒制干草，制成草粉。只是开花后，植株渐变粗老，且含有0.5%～1.5%的“香豆素（$C_9H_6O_2$）”，带苦味，适口性降低，但经过加工，调制成干草或青贮，可使香豆素气味减少，各种家畜一经习惯还是喜食的。籽实的粗蛋白质含量竟高达31.2%。可见草木樨不仅是一种良好的饲草，而且也是一种良好的蛋白质饲料。从草木樨的营养成分看，无论在饲料中，或是干物质中，含的总能、消化能、代谢能和可消化蛋白，在豆科牧草中也都是比较高的。可看出，草木樨的营养价值相当高。草木樨含有多种矿质营养元素和微量元素，对于增加牲畜的营养和土壤肥力，都非常重要。草木樨还含有挥发油。草木樨在天然草地，一般以伴生种的地位出现于多类草本群落，一般株高为50～120cm，在黑龙江发现有高达250cm的。这说明，在优越的水热条件下，如果人工予以栽培驯化，能够生产出较高产量的鲜草和籽实。尤其是分布广，适应性强，营养价值较高，而含的香豆素又比较低，因此，它是一种很好的种质资源，将其驯化、培育成抗性强、饲用价值高的高蛋白质饲料作物，是完全可能的。

草木樨除具有很高的饲用价值外，还是一种蜜源植物，流蜜期约20d，泌蜜温度25～30℃，在新疆则需要更高气温。其泌蜜量大，产量稳定，一般0.3hm^{2}可放蜂一群，群产蜜20～40kg；人工种植并有灌溉条件的草木樨，一个花期可取蜜7次。草木樨的蜜、粉丰富，蜂群采完草木樨后，群势能增长30%～50%。

作为水土保持植物也很好，尤其它的根系发达，根瘤多，且根、茎、叶等富含 N、P、K、Ca 和多种微量元素，作为草粮轮作、间种品种或压制绿肥以培肥土壤，是非常有前途的。

（三）红豆草

红豆草（*Onobrychis viciaefolia* Scop），别名驴豆、驴喜豆等。深根型牧草。根系强大，主根粗壮，直径 2cm 以上，入土深 1～3m 或更深，侧根随土壤加厚而增多，着生大量根瘤。茎直立，中空，绿色或紫红色，高 50～90cm，分枝 5～15 个。第一片真叶单生，其余为奇数羽状复叶，小叶 6～14 对或更多，卵圆形、长圆形或椭圆形，叶背边缘有短茸毛，托叶三角形。总状花序，长 15～30cm，有小花 40～75 朵，蝶形，粉红色、红色或深红色，十分美丽。荚果扁平，黄褐色，果皮粗糙有凸形网状脉纹，边缘有锯齿，成熟后不易开裂，内含肾形绿褐色种子 1 粒。

红豆草花色粉红艳丽，饲用价值可与紫花苜蓿媲美，故有“牧草皇后”之称。中国新疆天山和阿尔泰山北麓都有野生种分布。目前，国内栽培的全是引进种，主要是普通红豆草和高加索红豆草。前者原产法国，后者原产前苏联。欧洲、非洲和亚洲都有大面积的栽培。国内种植较多的省（自治区）有内蒙古、新疆、陕西、宁夏、青海。甘肃农业大学等单位还选育出对甘肃生境有较强适应性的甘肃红豆草。



红豆草

红豆草性喜温凉、干燥气候，适应环境的可塑性大，耐干旱、寒冷、早霜、深秋降水、缺肥贫瘠土壤等不利因素。与苜蓿比，抗旱性强，抗寒性稍弱。适宜栽培在年均气温 3～8℃，无霜期 140d 左右，年降水量 400mm 上下的地区。在通渭刈割头茬草需≥0℃的年积温为 1 171℃，刈割两茬需 1 619℃。

种子成熟需 1 545℃。能在年降水量 200mm 的半荒漠地区生长，只需在种子发芽，植株孕蕾至初花期，土壤上层有较足水分就能正常生长。对温度的要求近似苜蓿，种子在 1～2℃的温度条件下即开始发芽。

生活两年以上，春季气温回升 3～4℃时，即开始返青再生。一般春播的红豆草，播后 7d 左右出苗，出土后 10d 左右出现第一片真叶，以后大约每隔 5d 长出一片真叶。在甘肃河西较陇中生长发育快，一般 4 月上旬播种，6 月中下旬开花，8 月中旬种子成熟。二龄以上的在 3 月上旬返青，返青期比苜蓿早一周，比红三叶早 10d，6 月初开花，7 月中旬种子成熟。水肥条件适宜，一年可成熟两次种子。

红豆草属严格的异花授粉植物，其雌蕊较长，柱头超过花药，雌雄蕊成熟时间不一致，雄性先熟，因而自花不育，即使人为控制自花授粉结实后，其后代的生活力也会显著减退。在自然状态下，结实率较低，一般只在 50% 左右。

红豆草对土壤要求不严格，可在干燥瘠薄，土粒粗大的砂砾、沙壤土和白垩土上栽培生长。它有发达的根系，主根粗状，侧根很多，播种当年主根生长很快，生长年在50～

70cm 深土层以内，侧根重量占总根量的 80% 以上，在富含石灰质的土壤，疏松的碳酸盐土壤和肥沃的田间生长极好。在酸性土，沼泽地和地下水位高的地方都不适宜栽培。在干旱地区适宜栽培利用。

红豆草作饲用，可青饲，青贮、放牧、晒制青干草，加工草粉，配合饲料和多种草产品。青草和干草的适口性均好，各类畜禽都喜食，尤为兔所贪食。与其他豆科不同的是，它在各个生育阶段均含很高的浓缩单宁，可沉淀能在瘤胃中形成大量持久性泡沫的可溶性蛋白质，使反刍家畜在青饲、放牧利用时不发生膨胀病。红豆草的产量因地区和生长年限不同而异。在水肥条件差的干旱地区，2 ~ 3 龄平均亩产干草 250 ~ 500kg；在水热条件较好的地区，每亩产鲜草 1 400kg，在沟坡地每亩产鲜草 950kg；在水肥热条件都好的灌区，播种当年亩产鲜草即达 1 500kg，二龄亩产 2 500kg，2 ~ 4 龄最高可达 3 500kg。在海拔 2 600m 以上，热量不足的地区，播种当年可生长到开花期，平均亩产干草 143kg，二龄亩产 248kg，四龄产量最高达到 663kg，从五龄开始产量下降，每亩为 433kg。红豆草的一般利用年限为 5 ~ 7 年，从第五年开始，产量逐年下降、渐趋衰退，在条件较好时，可利用 8 ~ 10 年，生活 15 ~ 20 年。种子产量一般为 40 ~ 100kg/亩。红豆草与紫花苜蓿比，春季萌生早，秋季再生草枯黄晚，青草利用时期长。饲用中，用途广泛，营养丰富全面，蛋白质、矿物质、维生素含量高，收子后的秸秆，鲜绿柔软，仍是家畜良好的饲草。调制青干草时，容易晒干、叶片不易脱落。1kg 草粉，含饲料单位 0. 75 个，含可消化蛋白质 160 ~ 180g，胡萝卜素 180mg。

红豆草作肥用，可直接压青作绿肥和堆积沤制堆肥。一般亩产鲜草 1 500 ~ 3 000kg，每亩可提供 N 素 7. 5 ~ 15kg，折合 $NH_4NO_3$22 ~ 43kg。茎叶柔嫩，含纤维素低，木质化程度轻，压青和堆肥易腐烂，是优良的绿肥作物。根茬地能给土壤遗留大量有机质和 N 素，改善土壤理化性质，肥田增产效果显著。2 ~ 4 龄每亩鲜根量一般为 1 400 ~ 2 300kg，相当于 9. 8 ~ 16. 1kg N，加上根系和根瘤的不断更新，以及枯枝落叶，增加的 N 素就更多。根系分泌的有机酸，能把土壤深层难于溶解吸收的 Ca、P 溶提出来，变为速效性养分并富集到表层，增加了土壤耕作层的营养素。因此，红豆草又是中长期草田轮作的优良作物。

红豆草根系强大，侧根多，枝繁叶茂盖度大，护坡保土作用好，是很好的水土保持植物。

红豆草一年可开两次花，总花期长达 3 个月，含蜜量多，花期一箱蜂每天可采蜜 4 ~ 5kg，每亩产蜜量达 6. 7 ~ 13kg，在红豆草种子田放养蜜蜂还可提高种子产量，是很好的蜜源植物。红豆草花序长，小花数多，花期长，花色粉红、紫红各色兼具，开放时香气四射，引人入胜，道旁庭院种植，是理想的绿化，美化和观赏植物。

（四）苕子

苕子是巢菜属（*Vicia* L），一年生或越年生豆科草本植物。中国常用的种类主要有光叶苕子（*Vicia villosa* Roth. var. *glabresens* Koch.）、毛叶苕子（*Vicia villosa* Roth）、兰花苕子（*Vicia cracca* L.）等。毛叶苕子也称长柔毛野豌豆，主要分布在华北、西北、西南等地区以及苏北、皖北一带，一般用于稻田复种或麦田套种，也常间种在中耕作物行间和林果种植园中。主要品种有土库曼毛苕、徐苕 1 号、徐苕 3 号、泸 3 – 1 等。兰花苕子即广东野

豌豆，主要分布在南方各省，尤以湖北、四川、云南、贵州等省较为普遍，一般用于稻田秋播或在中耕作物行间间种。主要品种有嘉鱼苕、东安苕、油苕、花苕等。光叶苕子一般适合中国南方和中部地区种植。主要品种有早熟光苕、桂早苕、云光苕等。

苕子播种后萌发时子叶留在土中，胚芽出土后长成茎枝与羽状复叶。主根明显，侧根多，主要密集在30cm左右的表土层，根部着生根瘤。茎方形中空，基部有3~5个分枝节，每个分枝节产生分枝3~4个。茎蔓长达2~3m，匍匐或半匍匐生长，自然高度40~60cm。叶片偶数羽状复叶，每个复叶上有小叶5~10对，小叶椭圆形，复叶顶端有卷须3~5个。蓝花苕子叶色较淡；光叶苕子茎叶长有稀而短的茸毛；毛叶苕子叶色较深，叶片较大，茎叶有浓密的茸毛。苕子为总状花序，由叶腋间长出花梗，每梗上开小花10~30朵为一个花序，单株花序数达200个左右。荚果短矩形，长2~3cm，宽0.6~1cm，每荚有种子2~5粒，种子圆形，多为黑褐色。

苕子以秋播为主，华北、西北地区也可以春播。苕子的一生分为出苗、分枝、现蕾、开花、结荚、成熟等几个阶段。适宜的发芽温度为20℃左右，出苗后有4~5片复叶时，茎部即产生分枝节，每个分枝节产生数个分枝。苕子出苗后10~15d根部形成根瘤。分枝盛期一般在返青至现蕾期间。秋播苕子在早春气温2~3℃时返青，气温达15℃左右时现蕾，现蕾期一般在4月中旬到5月上旬。开花的适宜温度为15~20℃，开花顺序从下向上。苕子的结荚率不高，结荚数一般只占开花数的5%~15%。

苕子的抗寒性强于紫云英、箭筈豌豆，长江中下游地区苕子幼苗的越冬率很高。苕子耐旱不耐渍。光叶苕子在耕层土壤含水量低于10%时出苗困难，达到20%时出苗迅速，30%时生长良好，大于40%时出现渍害。土壤水分保持在最大持水量的60%~70%时对苕子生长最为有利，如达到80%~90%则根系发黑而植株枯萎。苕子对P肥反应敏感，在比较瘠薄的土壤上施用N肥也有良好的效果，南方地区施用K肥效果明显。苕子对土壤的要求不严，沙土、壤土、黏土都可以种植，适宜的土壤pH值5~8.5，在土壤全盐含量0.15%时生长良好。耐瘠性很强，在较瘠薄的土壤上，一般也有很好的鲜草和种子产量，因此，适应性较广，是改良南方红壤、北方花碱土、西北沙土的良好种类。

（五）红三叶

红三叶（*Trifolium pretense* L.）也叫做红车轴草、红荷兰翘摇等。原产于小亚西亚及欧洲西南部，是欧洲、美国东部、新西兰等海洋性气候地区的最重要的牧草之一。在中国云南、贵州、湖南、湖北、江西、四川、新疆等省、自治区都有栽培，并有野生状态分布。红三叶适宜在中国亚热带高山低温多雨地区种植。

红三叶是豆科三叶草属多年生牧草，主根明显，入土不深，根茎2/3分布在30cm深表土层中，侧根发达。根瘤多。茎圆，中空，直立或斜上，长90~150cm，分枝力强，一般有10~15个，多者可达30个，开花前形成强大的株丛。掌状三出复叶。聚生于叶柄顶端；叶柄长3~10cm，小叶卵形或长椭圆形，长3~6cm，宽2~3.5cm，基部稍宽，先端较狭，叶面有灰白色倒“V”形斑纹、全缘；托叶膜质，较大，长约2cm，有紫色脉纹，大部连于叶柄，先端尖锐分出；茎叶各部均具茸毛。头形总状花序，聚生枝梢或腋生小花梗上，小花众多，常有35~150朵，红色或淡紫红色，异花授粉。萼片膜质，有毛，钟

形，有尖齿5枚，1枚较长。荚小，横裂，每荚含种子1粒，肾形或椭圆形或近似三角形，黄褐色或紫色，千粒重1.5～2g。


红三叶

红三叶属长日照植物，10月上旬开花，7月上旬种子成熟，全生育期220～230d。喜温暖湿润气候，夏天不太热，冬天又不太冷的地区。最适气温在15～25℃，超过35℃，或低于－15℃都会使红三叶致死，冬季－8℃左右可以越冬，而超过35℃则难越夏。要求降水量在1 000～2 000mm。不耐干旱，对土壤要求也较严格，pH值6～7时最适宜生长，pH值低于6，则应施用石灰调解土壤的酸度，红三叶不耐涝，要种植在排水良好的地块。

红三叶作饲用，草质柔嫩多汁，适口性好，多种家畜都喜食。可以青饲、青贮、放牧、调制青干草、加工草粉和各种草产品。调制青干草时叶片不宜脱落，可制成优质干草。青饲或放牧反刍家畜时，极少发生膨胀病。打浆后喂猪，可节省精饲料。与多年生禾本科牧草混播，可以使草地生产力稳定高产，饲草营养价值和适口性都可显著改善。红三叶青草产量高，营养丰富，蛋白质含量高。

红三叶是严格的异花授粉植物，每一花序每天开花2～3层，花期长达30～50d，是良好的蜜源植物。根系深长发达。根瘤众多，孕蕾至开花期根瘤固氮活性高，每亩能给土壤增加氮素10kg左右，肥力相当于每亩施用2 000～2 500kg厩肥。根茬能给土壤遗留大量的有机质，增强地力，宜于中长期草田轮作。根系固土能力强，枝繁叶茂，地面覆盖度大，保土作用大，可作为水土保持植物在山坡地栽培。营养生长期较耐荫蔽，宜在林地树间种植，可增进土壤微生物繁殖，促进林木生长。

（六）鹰嘴豆

鹰嘴豆（*Cicer arietinum* Linn.）为豆科草本植物，起源于亚洲西部和近东地区。是世界上栽培面积较大的豆类植物，约1.5亿亩，其中，印度和巴基斯坦两国的种植面积占全世界的80%以上，中国只有零星分布。因其面形奇特，尖如鹰嘴，故称此名。鹰嘴豆的淀粉具有板栗香味。鹰嘴豆粉加上奶粉制成豆乳粉，易于吸收消化，是婴儿和老年人的营养食品。鹰嘴豆还可以做成各种点心和油炸豆。籽粒可做利尿剂、催奶剂，可治疗失眠，预防皮肤病和防治胆病。淀粉广泛用于造纸工业和纺织工业。


鹰嘴豆

一年生或多年生攀缘草本植物。高1～2m，茎直立，多分枝，被白色腺毛。托叶呈叶状，或具3～5个不整齐的锯齿或下缘有疏锯齿；叶具小叶7～17片，对生或互生，狭椭圆形，长7～17mm，宽3～10mm，边

缘具密锯齿，两面被白色腺毛。花于叶腋单生或双生，花梗长 0.5 ~ 2.5cm，花冠白色或淡蓝色、紫红色，长8 ~ 10mm，有腺毛；萼浅钟状，5 裂，裂片披针形，长 6 ~ 9mm。荚果卵圆形，膨胀，下垂，长约 2cm，宽约 1cm，幼时绿色，成熟后淡黄色，被白色短柔毛和腺毛，有种子 1 ~ 4 颗。种子被白色短柔毛，黑色或褐色，具皱纹，一端具细尖。花期 6 ~ 7 月，果期 8 ~ 9 月。种子、嫩荚、嫩苗均可供食用。

（七）紫云英

紫云英（*Astragalus sinicus*），豆科黄芪属一年生或越年生草本植物。又称红花草、翘摇。重要的绿肥、饲料兼用作物。多分枝，匍匐，高 10 ~ 30cm，被白色疏柔毛。奇数羽状复叶，具 7 ~ 13 片小叶，长 5 ~ 15mm；叶柄较叶轴短；托叶离生，卵形，长 3 ~ 6mm，先端尖，基部互相多少合生，具缘毛；小叶倒卵形或椭圆形，长 10 ~ 15mm，宽 4 ~ 10mm，先端钝圆或微凹，基部宽楔形，上面近无毛，下面散生白色柔毛，具短柄。总状花序生 5 ~ 10 花，呈伞形；总花梗腋生，较叶长；苞片三角状卵形，长约 0.5mm；花梗短；花萼钟状，长约 4mm，被白色柔毛，萼齿披针形，长约为萼筒的 1/2；花冠紫红色或橙黄色，旗瓣倒卵形，长 10 ~ 11mm，先端微凹，基部渐狭成瓣柄，翼瓣较旗瓣短，长约 8mm，瓣片长圆形，基部具短耳，瓣柄长约为瓣片的 1/2，龙骨瓣与旗瓣近等长，瓣片半圆形，瓣柄长约等于瓣片的 1/3；子房无毛或疏被白色短柔毛，具短柄。荚果线状长圆形，稍弯曲，长 12 ~ 20mm，宽约 4mm，具短喙，黑色，具隆起的网纹；种子肾形，栗褐色，长约 3mm。花期 2 ~ 6 月，果期 3 ~ 7 月。



紫云英

紫云英性喜温暖的气候，一般有明显的越冬期。幼苗期低于 8℃ 生长缓慢；开春以后，日平均气温达到 6 ~ 8℃ 以上时，生长速度明显加快。开花结荚的最适温度为 13 ~ 20℃。紫云英在湿润且排水良好的土壤中生长良好，怕旱又怕渍，生长最适宜的土壤含水量为 20% ~ 25%，土壤以质地偏轻的壤土为主。紫云英能培肥地力，改善土地耕作性能，改良土壤环境。

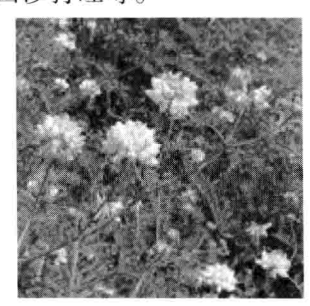
紫云英作饲料，群众多用以喂猪，为优等饲料。牛、羊、马、兔等喜食，鸡及鹅少量采食。紫云英茎、叶柔嫩多汁，叶量丰富，富含营养物质，是上等的优质牧草。可青饲，也可调制干草、干草粉或青贮料。在中国南方利用稻田种紫云英已有悠久历史，具有丰富的经验，利用上部 2/3 作饲料喂猪，下部 1/3 作绿肥，既养猪又肥田。种紫云英可为土壤提供较多的有机质和 N 素，在中国南方农田生态系统中维持农田 N 循环有着重要的意义。紫云英的主要优良早熟种有乐平、常德、闽紫 1 号等，中熟种有余江大叶、萍宁 3 号、闽紫 6 号等，晚熟品种有宁波大桥、浙紫 5 号等。

紫云英是中国主要蜜源植物之一，紫云英蜜又名红花草蜜或草子蜜，是中国南方春季主要蜜种。具有大自然清新宜人的草香味，甜而不腻，鲜洁清甜，色泽为浅琥珀色。本品除有一般蜂蜜的清热解毒的补中、润燥之功效，还能祛风明目、消肿利尿，对风痰咳嗽、

喉痛、火眼、痔疮等也有一定的辅助疗效。是虚火旺盛人士之保健佳品。

（八）沙打旺

沙打旺（*Astragalus adsurgens* Pall.）是豆科黄芪属多年生草本植物。又名直立黄芪、麻豆秧等。野生种主要分布在前苏联西伯利亚和北美洲北部，以及中国东北、西北、华北和西南地区。20世纪中期，中国开始栽培。现主要在中国的大部分地区种植利用。可与粮食作物轮作或在林果行间及坡地上种植，为可用于改良荒山和固沙的优良牧草，也可用作绿肥。主要的优良品种有辽宁早熟沙打旺、大名沙打旺和山西沙打旺等。



沙打旺

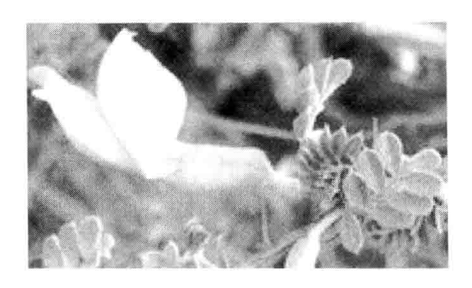
主根长而弯曲，侧根发达，细根较少。入土深度一般可达1～2m，深者可达6m。茎圆形，中空，一年生植株主茎明显，有数个到十几个分枝，间有二级分枝出现；二年生以上植株主茎不明显，一级分枝由基部分出，丛生，每丛数个到数十个二级或三级分枝。子叶出土，长椭圆形或卵圆形，第一、第二片真叶为单叶，第三、第四片真叶为单叶或复叶，从第五片起为奇数羽状复叶，小叶数3～25枚。总状花序，花序长圆柱形或穗形，长2～15cm，每序有小花数十朵。花蓝色、紫色或蓝紫色，萼筒状5裂；花翼瓣和龙骨瓣短于旗瓣。荚果长圆筒形或长椭圆形，具3棱。荚皮近膜质，被黑色、褐色、白色或彼此混生的毛，有数粒到数十粒褐色肾形种子，种子千粒重1.4～1.8g。

发芽要求土壤水分不低于11%，最好在15%～20%，土壤温度10℃以上。雨季温度水分条件适宜，播后2～3d即可发芽，5～7d出苗。沙打旺幼苗期间生长缓慢，有“蹲苗”习性，但根系伸长却很快。蹲苗过后，地上部生长逐渐加快。二年生以上植株，春季返青后生长速度较快，经过90～110d的营养生长后转入生殖生长。沙打旺的营养生长时间较长，在无霜期较短的地区一般当年不能开花结籽。二年生以上的植株一般在7～8月份现蕾，种子成熟的时间25～35d。沙打旺一般可生长4～5年，干旱地区可达10年以上。沙打旺抗逆性强，适应性广，具有抗旱、抗寒、抗风沙、耐瘠薄等特性，且较耐盐碱，但不耐涝。沙打旺的越冬芽至少可以忍耐－30℃的地表低温，连续7d日平均气温达4.9℃时越冬芽即开始萌动。种子发芽的下限温度为10℃左右。茎叶可抵御的最低温度为－10～－6℃。

沙打旺的根系深，叶片小，全株被毛，具有明显的旱生结构，在年降水量350mm以上的地区均能正常生长。在土层很薄的山地粗土上，在肥力最低的沙丘、滩地上等，沙打旺往往都能很好地生长，而此时其他绿肥如草木樨、苜蓿等则常常生长不良。沙打旺对土壤要求不严，并具有很强的耐盐碱能力，在pH值9.5～10.0、全盐量0.3%～0.4%的盐碱地上，沙打旺亦可正常生长。

（九）柠条

柠条（*Caragana korshinskii* Kom.）又叫毛条、白柠条等。适生长于海拔900～1 300m的阳坡、半阳坡。主要分布于中国内蒙古、陕西、宁夏、甘肃等地。



柠条

柠条为豆科锦鸡儿属落叶大灌木饲用植物。树皮黄灰色、黄绿色或黄白色。根系极为发达，主根入土深。株高为40～70cm，最高可达2m左右。老枝黄灰色或灰绿色，幼枝被柔毛。羽状复叶有3～8对小叶；托叶在长枝者硬化成长刺，长4～7mm，宿存；叶轴长1～5cm，密被白色长柔毛，脱落；小叶椭圆形或倒卵状圆形，长3～10mm，宽4～6mm，先端圆或锐尖，很少截形，有短刺尖，基部宽楔形，两面密被长柔毛。花梗长10～16mm，关节在中部以上，很少在中下部；花萼管状钟形，长7～12mm，宽5～6mm，密被短柔毛，萼齿三角状；花冠黄色，长20～25mm，旗瓣宽卵形或近圆形，瓣柄为瓣片的1/4～1/3，翼瓣长圆形，先端稍尖，瓣柄与瓣片近等长，耳不明显；子房无毛。荚果披针形或长圆状披针形，扁，长205～305mm，宽5～6mm，先端短渐尖。种子椭圆形或球形，红色。花期5～6月，果期7月。

柠条是中国西北、华北、东北西部水土保持和固沙造林的重要树种之一。耐旱、耐寒、耐高温，是干旱草原、荒漠草原地带的旱生灌丛。在黄土丘陵地区、山坡、沟岔也能生长。在肥力极差，沙层含水率2%～3%的流动沙地和丘间低地以及固定、半固定沙地上均能正常生长。即使在降水量100mm的年份，也能正常生长。柠条为深根性树种，主根明显，侧根根系向四周水平方向延伸，纵横交错，固沙能力很强。柠条不怕沙埋，沙子越埋，分枝越多，生长越旺，固沙能力越强。柠条寿命长，一般可生长几十年，有的可达百年以上。播种当年的柠条，地上部分生长缓慢，翌年生长加快。柠条的生命力很强，在－32℃的低温下能安全越冬；又不怕热，地温达到55℃时也能正常生长。柠条的萌发力很强，平茬后每个株丛又生出60～100个枝条，形成茂密的株丛。平茬当年可长到1m以上。柠条适应性强，成活率高，是中西部地区防风固沙，保持水土的优良树种。它在经济效益和防护效益上所发挥的巨大作用，越来越引起人们的高度重视。

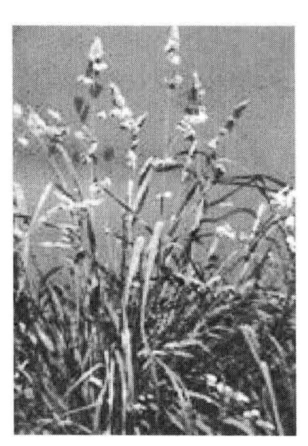
柠条对环境条件具有广泛的适应性。柠条在形态方面具有旱生结构，其抗旱性、抗热性、抗寒性和耐盐碱性都很强。在土壤pH值6.5～10.5的环境下都能正常生长。由于柠条对恶劣环境条件的广泛适应性，使它对生态环境的改善功能很强。一丛柠条可以固土23m^3，可截流雨水34%，减少地面径流78%，减少地表冲刷66%。柠条林带、林网能够削弱风力，降低风速，直接减轻林网保护区内土壤的风蚀作用，变风蚀为沉积，土粒相对增多，再加上林内有大量枯落物堆积，使沙土容重变小，腐殖质、N、K含量增加，尤以K的含量增加较快。

柠条是治理水土流失和退化沙化草场的先锋植物。用柠条与其他牧草结合，建立灌丛草场，是生态综合治理和畜牧业基础建设的重要措施之一。柠条的用途和作用在这首民谣中表现得淋漓尽致，即“柠条是个宝，既是林又是草，防风固沙保耕地，放牧烧柴做肥料，还是牲口救命草。”

二、禾本科牧草

（一）鸭茅

鸭茅（*Dactylis glomerata* L.）又名鸡脚草、果园草。野生种分布于中国新疆天山山脉的森林边缘地带、四川的峨眉山、二郎山、邛崃山脉、凉山及岷山山系海拔1 600 ~ 3 100 m的森林边缘、灌丛及山坡草地，并且散见于大兴安岭东南坡地。栽种鸭茅除驯化当地野生种外多引自丹麦、美国、澳大利亚等国。目前，青海、甘肃、陕西、吉林、江苏、湖北、四川及新疆等省（自治区）均有栽培；鸭茅原产欧洲、北非和亚洲温带，后引入全世界温带地区。



鸭茅

多年生草本，疏丛型。须根系，密布于10 ~ 30cm的土层内，深的可达1m以上。秆直立或基部膝曲，高70 ~ 120cm（栽培的可达150cm以上）。叶鞘无毛，通常闭合达中部以上，上部具脊；叶舌长4 ~ 8mm，顶端撕裂状；叶片长20 ~ 30（45）cm，宽7 ~ 10（12）mm。圆锥花序开展，长5 ~ 20（30）cm；小穗多聚集于分枝的上部，通常含2 ~ 5花；颖披针形，先端渐尖，长4 ~ 5（6.5）mm，具1 ~ 3脉；第一外稃与小穗等长，顶端具长约1mm的短芒。颖果长卵形，黄褐色。

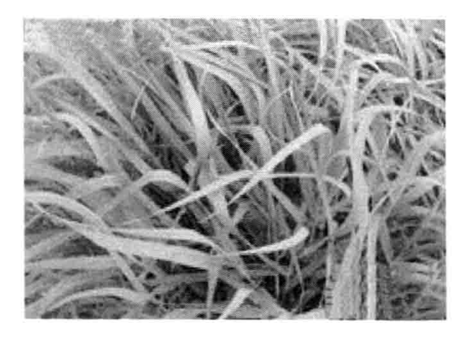
鸭茅适宜于湿润而温凉的气候，其抗寒性不如猫尾草（*Phleum pratense*）和无芒雀麦（*Bromus inermis*）。它不仅能分布到上述两种草生长的地方，还能忍耐较高的温度，因而，它比上述两种草分布到更南的地方。气温10 ~ 28℃为最适生长温度；在30℃以上时，发芽率降低，生长缓慢。昼夜温差过大对鸭茅不适，以昼温22℃，夜温12℃最好。鸭茅抗旱力较猫尾草好，但不如原产于低雨量地区的无芒雀麦。在良好的条件下，鸭茅是长寿命多年生草，一般6 ~ 8年，多者可达15年，以第二、第三年产草量最高。春季萌发早，发育极快，放牧或割草以后，恢复很迅速。早期收割，其再生新枝的65.8%是从残茬长出，34%从分蘖节及茎基部节上的腋芽长出。但在盛夏时，高于上述两种草，其再生草产量占总产量的33% ~ 66%。鸭茅适应的土壤范围较广，在肥沃的壤土和黏土上生长最好，但在稍贫瘠干燥的土壤上，也能得到好的收成。它系耐阴低光效植物，提高光照强度，并不能显著提高光合作用效率，所以，宜与高光效牧草或作物间、混、套作，以充分利用光照，增加单位面积产量。在果树林下或高秆作物下种植，能获得较好的效果。

鸭茅草质柔软，牛、马、羊、兔等均喜食。幼嫩时尚可用以喂猪。叶量丰富，叶占60%，茎约占40%。鸭茅可用作放牧或制作干草，也可收割青饲或制作青贮料。鸭茅的化学成分随其成熟度而下降。再生草叶多茎少，基本处于营养生长，其成分与第一次由割前的孕穗期相近。其K、P、Mg的含量也随成熟度而下降，Cu含量在整个生长期变化不大。第一次收割的草含K、Cu、Fe较多，再生草含P、Ca、Mg较多。鸭茅抽穗期的维生素含量很高，尤其胡萝卜素含量30mg/kg、维生素E 248mg/kg。微量元素含量也丰富，

Fe100mg/kg、Mn136mg/kg、Cu7.0mg/kg、Zn21.0mg/kg。鸭茅的必需氨基酸含量高。鸭茅形成大量的茎生叶和基生叶，适合于放牧、青贮或刈制干草。叶量丰富的放牧用草种，冬季保持青绿，在冬季气候温和的地方还能提供部分青料。在连续重牧条件下，不能较好地长久保持生长，但是，如果放牧不充分，形成大的株丛，就会变得粗糙而降低适口性，故适于轮牧。播种当年刈割1次，亩产鲜草1 000kg，而第二、第三年可刈割2~3次，亩产鲜草3 000kg以上。生长在肥沃土壤条件下，亩产鲜草可达5 000kg左右。此外，鸭茅较为耐阴，与果树结合，建立果园草地，在中国果品产区是有发展前途的。

（二）无芒雀麦

无芒雀麦（*Bromus inermis* Leyss.）属禾本科雀麦属多年生优良牧草。原产于欧洲，其野生种分布于亚洲、欧洲和北美洲的温带地区，多分布于山坡、道旁、河岸。中国东北、华北、西北等地都有野生种。在内蒙古高原多生于草甸、林缘、山间谷地、河边及路旁草地。在草坪中，可以成为建群种或优势种。该草现已成为欧洲、亚洲干旱、寒冷地区的重要栽培牧草。中国东北1923年开始引种栽种，新中国成立后，各地普遍进行种植，是北方地区一种很有栽培价值的禾本科牧草。



无芒雀麦

无芒雀麦具短根茎，多分布在15cm以上的土层中，二年生根茎侵染半径为25.3cm，三年生平均可达28.1cm。茎圆形，直立，粗壮光滑，株高（生殖枝）82~120cm（149cm），有较明显的叶层标准面为57cm，茎具5~7节。生态幅度广，从海拔600~2 500m地带均能种植和生长，年降水量350~500mm的地区旱作，生长发育良好，喜沙壤或壤土，中性或微碱性土壤。宜于降水量多，气候温暖的地区广为栽植。在中国南方种植，夏季不休眠，产草量高，营养价值高，草柔嫩，再生能力强，耐牧性强，适宜于青饲，调制干草和放牧利用。近年来，被用作护坡、草坪及高尔夫球场建植。亦可飞播改良天然草地，是水土保持，改土培肥，治理荒山、荒坡、退耕还草、退牧还草的理想草种。与紫花苜蓿混播建立人工草地，可提高产草量20%左右和弥补紫花苜蓿调制干草中的落叶性不足。

无芒雀麦为刈割和放牧兼用型牧草，根系发达，能形成致密的草地，也是优良的水保植物。一般情况下常在抽穗期刈割第一茬调制干草，此时叶丛多，产量高，养分积累也最多，再生草可放牧或青刈，作为水保植物时，同样也可以进行适度的放牧利用。

（三）中间偃麦草

中间偃麦草亦称天兰冰草、中间冰草［*Agropyron intermedium*，以前称 *Agropyron glaucum* Dewey，又建议改称其学名为 *Elytrigia intermedia*（Hest）Nevski］。为禾本科偃麦草属多年生牧草。具横走根状茎，茎直立粗壮。高70~130cm，叶片质地较硬。抗逆性强，在东北大部分地区可安全越冬；在年降水量350mm地区可良好生长；在中度盐渍化土壤上

也可种植；侵占性强，耐践踏，可通过匍匐根茎扩展蔓延；对土壤要求不严，并且由于根群密集，还可有效改善土壤结构。叶量丰富，适口性好，消化率高。可放牧也可调制干草，每年可刈割2～4次，年干草产量为650～800kg/亩，刈割以抽穗期为宜。经在青海、内蒙古、北京及东北等地试种，普遍表现出抗寒、抗旱、生长势强、再生性好、植株高大、茎叶繁茂等优良特性，是中国高寒、干旱及半干旱草原广泛适用的草种。

中间偃麦草较易种植，温度为5～7℃时即可发芽，寒冷地区可春播，亦可在夏季雨季播种。华北地区宜秋播，播前要翻耕土地，施入底肥。播种量为1～1.5kg/亩，多采用条播，行距30～40cm，播种深度3～4cm，播后镇压。出苗迅速，但苗期生长缓慢，需进行杂草防除。对水分和N肥敏感，生长期间、刈割或放牧后适当灌水施肥，可显著提高产量和质量。可以与苜蓿、红豆草、无芒雀麦、鹅观草等牧草混播。

（四）羊草

羊草［*Leymus chinensis*（Trin.）Tzvel.］又名碱草，是欧亚大陆草原区东部草甸草原及干旱草原上的重要建群种之一。中国东北松嫩平原及内蒙古东部为其分布中心，在河北、山西、河南、陕西、宁夏、甘肃、青海、新疆等省（自治区）亦有分布；俄罗斯、蒙古、朝鲜、日本也大量种植。羊草最适宜于中国东北、华北诸省（自治区）种植，在寒冷、干燥地区生长良好。春季返青早，秋季枯黄晚，能在较长的时间内提供较多的青饲料。

羊草是禾本科赖草属多年生草本植物。须根具沙套。秆散生，直立，高40～90cm，具4～5节，叶鞘平滑，基部残留叶鞘呈纤维状，枯黄色；叶舌截平，顶端具齿裂，纸质，叶片长7～18cm，宽3～6mm，扁平或内卷，上面及边缘粗糙，下面较平滑。穗状花序直立，长7～15cm，宽10～15mm，穗轴边缘具细小纤毛，节间长6～10mm，基部节间长可达16mm。小穗长10～22mm，含5～10花，通常2枚生于一节，上部或基部者通常单生，粉绿色，成熟时变黄，小穗轴节间平滑，长1～1.5mm，颖锥状，等于或短于第一花，不覆盖第一外稃的基部，质地较硬，具不明显3脉，背面中下部平滑，上部粗糙，边缘微具纤毛；外稃披针形，具狭窄的膜质边缘，顶端渐尖或形成芒状小尖头，背部具不明显的5脉，基部平滑，第一外稃长8～9mm；内稃与外稃等长，先端常微2裂。花果期6～8月。

羊草抗寒、抗旱、耐盐碱、耐土壤瘠薄，适应范围很广。多生于开阔平原、起伏的低山丘陵、河滩及盐碱低地。在冬季－40.5℃可安全越冬、年降水量250mm的地区生长良好。羊草喜湿润的沙壤质栗钙土和黑钙土，在pH值5.5～9.4时皆可生长，最适于pH值6～8。在排水不良的草甸土或盐化土、碱化土中亦生长良好，但不耐水淹，长期积水会大量死亡。羊草在湿润年份，茎叶茂盛常不抽穗；干旱年份，草高叶茂，能抽穗结实。羊草根茎发达，根茎上具有潜伏芽，有很强的无性更新能力。早春返青早，生长速度快，秋季休眠晚，青草利用时间长。生育期可达150d左右。生长年限长达10～20年。

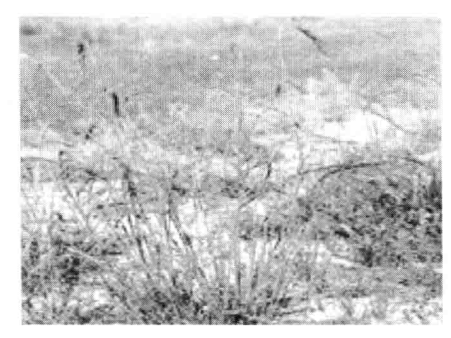
羊草叶量多、营养丰富、适口性好，各类家畜一年四季均喜食，有“牲口的细粮”之美称。牧民形容说：“羊草有油性，用羊草喂牲口，就是不喂料也上膘。”花期前粗蛋白质含量一般占干物质的11%以上，分蘖期高达18.53%，且矿物质、胡萝卜素含量丰富。每千克干物质中含胡萝卜素49.5～85.87mg。羊草调制成干草后，粗蛋白质含量仍能

保持在10%左右，且气味芳香、适口性好、耐贮藏。羊草产量高，增产潜力大，在良好的管理条件下，一般每公顷产干草3 000~7 500kg，产种子150~375kg。

羊草根茎穿透侵占能力很强，且能形成强大的根网，盘结固持土壤作用很大，是很好的水土保持植物。羊草的茎秆也是良好的造纸原料。

（五）老芒麦

老芒麦（*Elymus sibiricus* Linn.）别名西伯利亚披碱草、叶老芒麦。老芒麦作为栽培牧草，在国外开始于18世纪末、19世纪初期，俄、英、德等国都有研究的记录。前苏联作为新的牧草栽培开始于1927年。中国在20世纪60年代开始在西北、华北，东北等地推广种植。由于对土壤要求不严，根系入土深，抗寒性很强，故在三北地区越冬性良好，是很有经济价值的栽培牧草。


老芒麦

禾本科披碱草属多年生草本植物，疏丛型。须根密集而发育。秆直立或基部稍倾斜，粉绿色，具3~4节，3~4个叶片（多叶老芒麦具5~6节，5~6个叶片），各节略膝曲。叶鞘光滑，下部叶鞘长于节间，叶舌短，膜质，长0.5~1mm。叶片扁平，内卷，长10~20cm，宽5~10mm（多叶老芒麦叶片长15~35cm，宽8~16mm），两面粗糙或下面平滑。穗状花序疏松下垂，长15~25cm，具34~38穗节，每节2小穗，有的芒部和上部每节仅具1小穗。小穗灰绿色或稍带紫色，含4~5枚小花。颖狭披针形，内外颖等长，长4~5mm，具3~5脉，外稃披针形，密被微毛，具5脉；第一外稃长8~11mm，芒梢开展或反曲，长10~20mm，内稃与外稃几乎等长，先端2裂，脊被微纤毛。颖果长椭圆形，易脱落。

老芒麦的根系发达，入土较深，可以利用土壤深处水分。在旱情严重时，叶片内卷，减少水分蒸发。1975年，青海同德巴滩地区严重旱灾，老芒麦仍获亩产500kg干草的高产。老芒麦播种当年以营养枝为主，翌年以后则以生殖枝占优势。开花最适温度是25~30℃，最适宜湿度是45%~60%。属异花授粉植物，但自花授粉率也较高。开花授粉后很快形成种子，一般10d前后达乳熟期，15d蜡熟，20d可以完熟。穗状花序中部的种子质量最好，种子亩产50~150kg，千粒重3.5~4.9g。再生性稍差，在水肥条件好时，每年可刈割两次，一般再生草产量占总产量的20%左右。属旱中生植物，在年降水量为400~500mm的地区，可行旱地栽培。在干旱地区种植，如有灌溉条件，可提高产量。

老芒麦分蘖能力强，分蘖节在地表3~4cm深处，在-3℃低温下幼苗不受冻害，能耐-4℃的低温。冬季气温下降至-38~-36℃时，能安全越冬，越冬率为96%左右。在青藏高原秋季重霜或气温下降到-8℃时，仍能保持青绿，有效地延长了利用时间。在青海、新疆、内蒙古、黑龙江等高寒地区栽培均能安全越冬，生长良好。在内蒙古由返青到种子成熟需120d左右。需≥0℃活动积温为1 500~1 800℃，≥10℃积温为700~800℃。

老芒麦对土壤要求不严，在瘠薄、弱酸、微碱或含腐殖质较高的土壤中，均生长良

好。在 pH 值 7～8，微盐渍化土壤中亦能生长。具有广泛的可塑性，能适应较为复杂的地理、地形和气候条件。可以建立单一的人工割草地和放牧地，与其他禾草如豆科牧草混播可以建立优质、高产的人工草地，其中，多叶老芒麦植株较高，营养枝多，叶量大，叶片不易脱落，叶和花序占全株总重量的 32.94%。多叶老芒麦结实性能好，亩产种子量及草量均高，在青海非灌溉条件下，栽培播种当年亩产干草 128.5kg，翌年至第四年平均株高 139～147cm，亩产干草 703.35～996.70kg。

老芒麦适口性好。马、牛、羊均喜食，特别是马和牦牛喜食。是披碱草属（*Elymus* 或 *Clinelymus*）中饲用价值较高的一种。植株无毛、无味、开花前期各个部位质地柔软，花期后仅下部 20cm 处茎秆稍硬。叶量丰富，特别是多叶老芒麦的叶片多而宽大。一般播种当年叶量占总量的 50% 左右，生活翌年以后，抽穗期叶量一般占 40%～50%，茎占 35%～47%，花序占 6%～15%，再生草叶量占 60%～70%。一般亩产干草 200～400kg，高产可达 500kg 以上。营养成分含量丰富，消化率较高，夏秋季节对幼畜发育，母畜产仔和牲畜的增膘都有良好的效果。叶片分布均匀，调制的干草各类牲畜都喜食。特别在冬春季节，幼畜、母畜最喜食。牧草返青期早、枯黄期迟，绿草期较一般牧草长 30d 左右，从而提早和延迟了青草期，对各类牲畜的饲养有一定的经济效果。

（六）披碱草

披碱草（*Elymus dahuricus* Turcz.）为禾本科披碱草属多年生草本植物，是本属重要的栽培牧草之一。广泛分布在中国东北、内蒙古、河北、陕西、甘肃、宁夏、青海等省（自治区），朝鲜、日本、蒙古、前苏联也有分布。披碱草引入栽培的历史不久，前苏联在 20 世纪初引入栽培。中国于 1954 年由崔有文推荐，在华北及西北地区栽培，嗣后，原内蒙古草原研究所，在锡林郭勒种畜场进行较大面积试种。从 20 世纪 70 年代以来，该草已在中国华北、内蒙古及东北逐渐推广，并开始成为主要牧草品种。


披碱草

多年生草本，疏丛型。须根状，根深可达 100cm。秆直立，高 70～160cm。叶片长 8～32cm，宽 0.5～1.4cm，叶缘被疏纤毛。穗状花序直立，一般具有 23～28 个穗节，穗轴中部各节具 2 枚小穗，而接近顶端及基部的仅具 1 枚，小穗含 3～6 个小花，2 颖几等长，披针形；外稃背部被密短毛，芒长 1.2～2.8cm；内稃脊被纤毛。基盘较大，马蹄形，斜截；凹陷，具长柔毛。小穗轴宿存，棒状，显著上粗下细，被细小纤毛，顶端膨大，凹陷。颖果长椭圆形，长约 6mm，顶端钝圆，具淡黄色茸毛，腹面具宽而深的腹沟，沿沟底有一隆起的深褐色线。胚椭圆形，长约占颖果长的 1/5，突起，尖端伸出。

披碱草的种子后熟期较短，仅 40～60d，与短芒披碱草及垂穗披碱草相近，因此，用头一年所采收的种子至翌年春季播种时，无须进行种子处理。披碱草种子的种用寿命，在北方室温条件下，可保存 2～3 年，属短命种子类。种子萌发吸水率占种子干重的 62%，是中国该属牧草中吸水较少的一种。种子萌发的最低温度为 5℃，最高温度为 30℃，萌发时的最适温度为 20～25℃。在大田播种条件下，4 月下旬播种，播后 7～8d 萌发，苗期一

般地下部分较地上部分生长迅速，播后经50d幼苗进入三叶期，播种当年，节根入土深度可达70cm，翌年达110cm以上。在灌溉条件下，生活3年的植株，在100cm土层中，根量的70%分布于0～10cm的土层中，0～20cm土层中的根量占总根量的87%，50cm土层以下，根系极少，仅占总根量的4%。

披碱草在播种当年苗期生长很慢，春播条件下，播种当年部分枝条可进入花期，但不能结实，翌年后即可完成整个生育期。7月中旬披碱草进入开花期，开花持续期长，种子成熟不一致，种子的落粒性很强，果后生长期长。异花授粉植物，但自花授粉时的结实率也较高。披碱草的生育期，有随栽培年限的增加而减少的趋势。生活第二、第三年为124d，第四年为116d，第五年为114d。从返青至拔节以前，无论其生长强度及生长速度均较缓慢，从拔节至开花则较迅速，以后生长又趋于缓慢，不同年龄的披碱草，其生长势有较大的差别，翌年及第三年无论其生长速度及生长强度均较一致，但第四、第五年均呈明显的减弱。因此，该草的利用年限最适期为第一、第二年，属短期多年生牧草。

披碱草具有一定的抗旱能力，在年降水量为250～300mm的地区生长尚好。根据内蒙古正镶白旗额里图牧场栽培，在旱作条件下，当土壤很瘠薄时，1974～1975年两年平均亩产量为188kg（干草），在较肥沃的土壤上则可亩产500kg左右。披碱草具有较强的抗寒能力，在内蒙古锡林郭勒地区，1月份平均气温为－28.0℃，绝对最低气温为－37.0℃的条件下，其越冬率可达98%～99.5%，即使播种期较晚，只要幼苗已达2～3片叶时，就能顺利地越冬。于额里图牧场分期播种试验表明，在1974年8月23日及9月3日播种的小区，第二年越冬良好，越冬率显著地高于同期播种的羊草及无芒雀麦。披碱草在刈割后具有再生能力，但再生草的产量较低，为一次刈割型牧草。据报道，在生长的第二年至第四年内，抽穗期刈割第一次时，再生草产量占两次刈割时总产量的14.7%～24.3%，开花期进行第一次刈割时，则再生草产量相应占8.5%～19.1%，成熟期刈割则不能形成再生草。

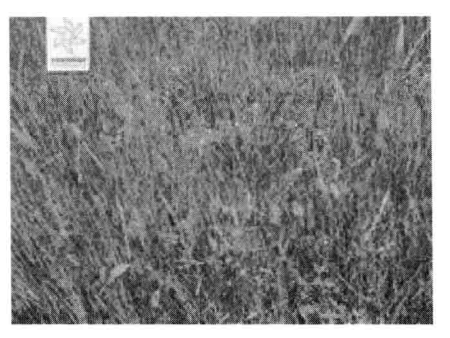
披碱草具有较高的产草量，在内蒙古引种，有灌溉条件下，亩产干草可达375～650kg，旱地栽培，亩产可达175～200kg。产草量以利用的第一、第二年为最高，以后逐渐下降。花期刈割，第二年干草产量每亩可达337.45kg，第三年亩产为283.65kg，第四年亩产257.3kg，第五年亩产则下降至90.65kg，仅占第二年的26.9%。适宜的利用年限为2～4年。在一年内，不同刈割期，以成熟期产草量为最高，3年平均亩产391.05kg。开花期刈割亩产377kg，抽穗期刈割亩产255.85kg，成熟期刈割时产草量略高于开花期，但由于品质下降，其蛋白质总收获量反低于开花期。披碱草的种子产量较高，在内蒙古灌溉条件下，每亩可产63～132kg，旱地亩产为20～57.4kg。披碱草为中等的饲料品质，在披碱草草丛中，叶占的比例较少，茎秆所占比例大，而质地粗硬，是影响饲料品质的主要原因。据测定，茎占草丛总重量的50%～70%，叶占16%～39%，花序占9.5%～19.0%。分蘖期各种家畜均喜采食。抽穗期至始花期刈割所调制的青干草，家畜亦喜食。迟于盛花期刈割调制的干草，茎秆粗硬而叶量少，可食性下降，利用率下降。

（七）冰草

冰草（*Agropyron cristatum*）别名野麦子、扁穗冰草、羽状小麦草。禾本科多年生旱生

禾草，是温带干旱地区最重要的牧草之一。生于干燥草地、山坡、丘陵以及沙地。由于品质好，营养丰富，适口性好，各种家畜均喜食；又因返青早，能较早地为放牧家畜提供青饲料。它特别具备抗旱、耐寒、耐牧以及产子较多等特性，在放牧地补播和建立旱地人工草地中具有重要的作用。由于冰草的根为须状，密生，具沙套和入土较深特性，因此，它又是一种良好的水土保持植物和固沙植物。

冰草秆成疏丛，上部紧接花序部分被短柔毛或无毛，高20～60（75）cm，有时分蘖横走或下伸成长达10cm的根茎。叶片长5～15（20）cm，宽2～5mm，质较硬而粗糙，常内卷，上面叶脉强烈隆起成纵沟，脉上密被微小短硬毛。穗状花序较粗壮，矩圆形或两端微窄，长2～6cm，宽8～15mm；小穗紧密平行排列成两行，整齐呈蓖齿状，含（3）5～7小花，长6～9（12）mm；颖舟形，脊上连同背部脉间被长柔毛，第一颖长2～3mm，第二颖长3～4mm，具略短于颖体的芒；外稃被有稠密的长柔毛或显著地被稀疏柔毛，顶端具短芒，长2～4mm；内稃脊上具短小刺毛。



冰草

冰草是草原区旱生植物，具有很强的抗旱性和抗寒性，适于在干燥寒冷地区生长，特别喜生干草原区的栗钙土壤上，有时在黏质土壤上也能生长。但不耐盐碱，也不耐涝，在酸性或沼泽、潮湿的土壤上极少见。冰草往往是草原植物群落的主要伴生种。在平地、丘陵和山坡排水良好较干燥的地区也经常见到。冰草分蘖能力很强，当年分蘖可达25～55个，并很快形成丛状。种子自然落地，可以自生。根系发达，入土较深，达1m，一般能活10～15年。冰草返青早，在北方各省（自治区）4月中旬开始返青，5月末抽穗，6月中下旬开花，7月中下旬种子成熟，9月下旬至10月上旬植株枯黄。一般生育期为110～120d。

冰草草质柔软，营养价值较高，在幼嫩时马和羊最喜食，牛和骆驼也喜食。用冰草饲喂反刍家畜，消化率和可消化养分也较高。在干旱草原区，它是一种优良天然牧草。其种子产量高，易于收集，发芽力颇强。因此，不少地方已引种栽培，并成为重要的栽培牧草，既可放牧又可割草。单种或与豆科牧草混种，每公顷可产干草1 500kg，高者可产1 999.5kg。冬季枝叶不易脱落，仍可放牧。

在半干旱和干旱地区，植株偏低，株高仅40～60cm，叶量少，占地上部总重量的30%。用以调制干草不经济，所以，国外多以放牧为主，调制干草为辅，或勉强利用头茬草作干草或青饲，利用其再生草放牧。

调制干草应在抽穗至开花期刈割。推迟刈割，则适口性和营养价值均降低。由于耐寒性强，春季返青早，秋末、冬初枯黄迟，所以，利用期可适当提早和推迟。初霜前1个月至土壤封冻期间，要避免放牧，以防影响再生草的生长和越冬。每公顷干草产量，第一年为1 100kg，第二年为4 772kg，第三年为430kg。

三、菊科牧草

（一）菊苣

菊苣（*Cichorium intybus* L.）别名苦苣、苦菜、卡斯尼、皱叶苦苣、明目菜、咖啡萝卜、咖啡草。

分布于北京、黑龙江、辽宁、山西、陕西、新疆、江西。广布于欧洲、亚洲、北非。生于滨海荒地、河边、水沟边或山坡。



菊苣

多年生草本植物，高 40~100cm。茎直立，单生，分枝开展或极开展，全部茎枝绿色，有条棱，被极稀疏的长而弯曲的糙毛或刚毛或几无毛。基生叶莲座状，花期生存，倒披针状长椭圆形，包括基部渐狭的叶柄，全长 15~34cm，宽 2~4cm，基部渐狭有翼柄，大头状倒向羽状深裂或羽状深裂或不分裂而边缘有稀疏的尖锯齿，侧裂片 3~6 对或更多，顶侧裂片较大，向下侧裂片渐小，全部侧裂片镰刀形或不规则镰刀形或三角形。茎生叶少数，较小，卵状倒披针形至披针形，无柄，基部圆形或戟形扩大半抱茎。全部叶质地薄，两面被稀疏的多细胞长节毛，但叶脉及边缘的毛较多。头状花序多数，单生或数个集生于茎顶或枝端，或 2~8 个为一组沿花枝排列成穗状花序。总苞圆柱状，长8~12mm；总苞片 2 层，外层披针形，长 8~13mm，宽 2~2.5mm，上半部绿色，草质，边缘有长缘毛，背面有极稀疏的头状具柄的长腺毛或单毛，下半部淡黄白色，质地坚硬，革质；内层总苞片线状披针形，长达 1.2cm，宽约 2mm，下部稍坚硬，上部边缘及背面通常有极稀疏的头状具柄的长腺毛并杂有长单毛。舌状小花蓝色，长约 14mm，有色斑。瘦果倒卵状、椭圆状或倒楔形，外层瘦果压扁，紧贴内层总苞片，3~5 棱，顶端截形，向下收窄，褐色，有棕黑色色斑。冠毛极短，2~3 层，膜片状，长 0.2~0.3mm。花果期 5~10 月。

（二）串叶松香草

串叶松香草（*Silphium perfoliatum* L.）又名法国香槟草、菊花草。为北美洲独有的一属植物。1979 年从朝鲜引入中国。近年来在各地栽培，分布比较集中的有广西、江西、陕西、山西、吉林、黑龙江、新疆、甘肃等地。

串叶松香草为菊科多年生宿根草本植物。因其茎上对生叶片的基部相连呈杯状，茎从两叶中间贯穿而出，故名串叶松香草。茎顶或第 6~9 节叶腋间发生花序，头状花序边缘由舌形花数十朵组成。中间为管状雄花，雄花褐色，雌花黄色，花期较长。5 月下旬开始现蕾，6 月下旬至 8 月中旬进入盛花期，8 月初开始，种子陆续成熟。种子成熟较集中于 9~10 月，种子瘦果扁心形，褐色，边缘具薄翅。千粒重 20~30g。

串叶松香草喜温暖湿润气候，是越年生冬性植物，无论春播或秋播，当年只形成莲座

状叶簇，经过冬季才抽茎、开花、结实。耐高温，在夏季温度40℃条件下能正常生长，也极耐寒，在冬季－29℃下宿根无冻害。喜肥沃壤土，耐酸性土，不耐盐渍土。在酸性红壤、沙土、黏土上也生长良好。耐寒冷，冬季不必防冻，地上部分枯萎，地下部分不冻死。串叶松香草再生性强，耐刈割。



串叶松香草

串叶松香草鲜草产量和粗蛋白质含量高，适应性强，栽培当年亩产1 000～3 000kg，翌年与第三年亩产高者可达1万～1.5万kg。据分析测定，含水量为85.85%，营养成分（占干物质%）：粗蛋白26.78%，粗脂肪3.51%，粗纤维26.27%，粗灰分12.87%，无氮浸出物30.57%。每千克鲜草可消化能1 750kJ，可消化蛋白质33.2g。鲜草可喂牛、羊、兔，经青贮可饲养猪、禽；干草粉可制作配合饲料。各地的饲养试验表明，串叶松香草因有特异的松香味，各种家畜、家禽、鱼类，经过较短时期饲喂习惯后，适口性良好，饲喂的增重效果理想。因之各地都竞相开展试验，进行引种栽培和饲喂畜、禽、兔。但串叶松香草的毒性问题应引起重视。串叶松香草的根、茎中的苷类物质含量较多，苷类大多具有苦味；根和花中生物碱含量较多。生物碱对神经系统有明显的生理作用，大剂量能引起抑制作用。叶中含有鞣质，花中含有黄酮类。据国外文献报道，串叶松香草中含有松香草素、二萜和多糖；含有8种皂苷，称为松香苷，属三萜类化合物。说明串叶松香草喂量多会引起猪积累性毒物中毒。

第三节　林草间作的主要模式

一、黄土高原模式

黄土高原丘陵沟壑区受地理位置的过渡性、气候变化的剧烈性、地形和地貌的复杂性、土壤的易蚀性以及人类活动对植被的破坏等多种因素的影响，已成为中国水土流失最严重和生态环境最脆弱的地区之一。

黄土丘陵沟壑区属南温带半湿润向中温带半干旱过渡气候区。年均降水量425～596mm，主要集中在7～9月，且多以暴雨的形式出现，年蒸发量1 400mm以上。以甘肃省定西市为例，水土流失面积达16 727km^2，占总土地面积的82.3%；年均径流模数81 346m^3/km^2，土壤年均侵蚀模数为5 252.7t/km^2，年均剥蚀土壤3.9mm，流失N、P、K养分190多万t，是世界上水土流失最严重的地区之一。水资源短缺和生态环境脆弱的双重压力阻碍了农村生产力的发展，加大了脱贫致富的难度，严重制约了全区经济和社会发展。植被稀疏、干旱少雨、水土流失严重、生态环境酷劣，是长期制约当地经济社会健康发展的主要瓶颈。近10年来定西市全面实施退耕还林还草，在治理和恢复生态环境方

面取得了显著的成效。黄土丘陵沟壑区的立地条件决定了林草复合种植成为退耕还林还草中的重要经营管理模式，也成了解决中国西部草原生态问题的有效途径。

（一）林草建设的生态作用机制

黄土高原多年的水土保持实践证明，与农田相比，黄土高原人工灌丛草地可大大减少地表径流。如紫花苜蓿草地可减少径流 20.6%，柠条灌丛草地可减少 87.9%，沙打旺可减少 70.1%。一般而言，生物的单位重量代谢率与物种个体大小成反比。草地生态系统具有比森林系统更快的物质循环，更有利于本区土壤改良。植被的总耗水按功能可分为维持性耗水和生长性耗水两部分，不同类型的植被具有不同的耗水下限（最低维持性耗水）和上限（最大耗水力）。研究证明，在最低维持性耗水下限和最大耗水力上限之间，植被净生产力与环境有效水分呈直线正相关。可见由于森林的维持生物量远远大于草地，其维持性耗水很大，在水分很不充足的黄土高原半干旱区，森林几乎把全部可用水分用于维持，净生产力微乎其微。虽然在理想条件下，森林的生产力远远高于草地，但在真正的半干旱区，在同样的投入条件下，森林的生产力还不及草地。另外，植被的保水效果与降水大小及频度密切相关。对于暴雨频发区，保水植被可能是非森林莫属，而在半干旱区，暴雨强度和频度不如湿润区大，研究表明，草地可以发挥相当好的水土保持效能。

就整个黄土高原地区，在西北—东南方向上，随着东南季风的逐渐加强和气温的逐渐上升，植被由温带的针茅草（*Stipa capillata*）草原过渡到白羊草（*Bothriochloa ischaemum*）草原。这是一条由水、热状况所决定的自然界限。种草还能保持生态平衡，一方面可以防风固土，保护农田，恢复生态平衡，另一方面，丰富的牧草可以为牲畜提供优质饲料。黄土高原的草地建设关键在于筛选和培育抗旱、耐瘠、耐牧、适口性好的适生牧草品种。建设人工草地或草地的补播改良，以豆科牧草紫花苜蓿、沙打旺、红豆草（*Onobrychis viciaefolis*）、草木樨（*Melilotus suaveolens*）等较为常见。除此之外，还有华北岩黄芪（*Hedysarum gmelinii*）、扁蓿豆（*Trigonella ruthenica*）、山野豌豆（*Vicia sepium*）、兴安胡枝子（*Lespedeza davurica*）、多花胡枝子（*L. floribunda*）、小叶锦鸡儿（*Caragana microphylla*）等豆科植物；冰草（*Agropyron cristatum*）、中间冰草（*A. intermedium*）、沙芦草（*A. mongolicum*）、羊草（*Leymus chinensis*）、老芒麦（*Elymus sibiricus*）、无芒雀麦（*Bromus inermis*）、披碱草（*Elymus dahuricus*）、燕麦（*Avena sativa*）等禾本科植物；华北驼绒藜（*Ceratoides arborescens*）等藜科植物。陈一鄂等（1990）研究了渭北旱塬人工草地的水量平衡，结果表明，紫花苜蓿人工草地的蒸散量很大，即使在丰水年仍要消耗深层的土壤储水；而大叶苜蓿与红豆草的人工混播草地的水分收支是平衡的。

从地形地貌、水热分布及自然植被特征的角度分析，黄土高原实施以农为主或农林综合发展的方略，均有悖于黄土高原生态地理背景。草地畜牧业的基础生产环节是牧草生产，在稳定的草地生产系统中，植物物种构成以多年生草本植物和灌木为主，其发达的根系对地表具有较强的固着与覆盖能力。显然，与作物生产相比，牧草生产可从根本上减轻对土地的压力。而草地畜牧业产业的生产要素及其过程，在较大程度上吻合了黄土高原的生态地理背景，具有生态的适应性和生产的有效性，应作为黄土高原优化的生态生产体系建制中的支柱产业。

林草植被建设的具体措施包括造林、种草、封山育林、封山育草、林地草地管理等。同时要加强对病、虫、鼠、兔、牛、羊为害的防治，是提高林草植被建设成活率的关键。要加强草地植被建设，提高植被覆盖度必须实施“三改”，即放牧改舍饲、山羊改绵羊、天然退化草地改为人工优质草地的办法得以解决。黄土高原草地畜牧业蕴藏着巨大的发展潜力，有望成为黄土高原优化的生产生态新产业带建制中的支柱产业。在黄土高原半干旱区从生态效益与经济效益综合指标的角度分析，要获得持久性好的稳定水土保持植被，草地植被理应是最佳选择。

（二）林草植被建设效益

1. 生态效益　在黄土丘陵地区，农田、草地和人工林地均存在不同程度的水分亏缺，形成土壤干层，限制了农作物的生产，并导致了许多人工植被因水分亏缺而衰败，甚至成片死亡，严重制约了黄土高原的生态环境建设。土壤侵蚀的恶果造成土地贫瘠，生态环境不断恶化，肥料、饲料、燃料三料俱缺，人民生活困难，经济发展落后。林草植被建设降低水土流失，提高土壤质量，有效缓解了黄土高原区生态问题。

（1）林草建设改善土壤质量　不同的植被类型在不同的地区对土壤的性状影响不同，因此，不同的植被类型将直接影响到土壤的特性。土壤水稳性团聚体的含量是土壤好坏的关键，决定着土壤抗冲蚀性的好坏。以粗粉沙为主的黄土丘陵地区，水稳性团聚体的含量普遍较低，可能是退耕年限时间较短的缘故。对典型的5种林草间作种植模式区土壤进行水稳性团聚体含量分析表明，不同林草间作种植模式的土壤水稳性团聚体含量明显高于天然草地和农田，各样地表层、亚表层土壤的结构性能有所提高，团聚度、团聚状况、结构性颗粒指数大体呈上升趋势。这是由于不同种植模式下土壤有机质的数量、组成、性质、根系作用状况和分泌产物及其土壤酸度的不同所致。在0～20cm土层柽柳+苜蓿林草种植模式区域水稳性团聚体含量较高，在20～40cm土层沙棘+苜蓿林草种植模式区域水稳性团聚体含量相对较高。

（2）林草建设减降水土流失　林草间作的立体植被结构通过冠层截留降水，降低水滴势能，调节降水分配。通过种草增加地表粗糙度和表层土壤根系，降低地表径流量和土壤侵蚀量，从而达到土壤、植被系统保持水土的生态效能。张源沛（2009）通过对黄土丘陵区坡地林草间作土壤水分动态监测，结果表明，苜蓿地土壤水分变化主要在0～40cm；山杏林地土壤水分变化主要在60～100cm。林草间作种植模式有效提高干旱山区的水源涵养能力，对土壤保水保墒、防止水土流失有明显促进作用。

2. 经济效益　结合退耕还林还草工程，定西地区大面积推广林草间作模式，全区2000～2005年退耕还林3.2万hm^2荒山，造林3万hm^2，造林保存面积由1999年的3.8万hm^2增加到2005年的10万hm^2，森林覆盖率提高到10.2%，流域内水土流失得到有效控制，生态环境恶化的趋势已有缓解迹象。

定西地区耕地中山坡旱地占68.4%，有效灌溉面积比例不到12%。加之旱灾、冰雹等自然灾害频繁和降水时空分布不均等不利因素的影响，粮食产量低而不稳，干旱欠收绝收年份频繁发生。选择耐干旱耐贫瘠的林草品种进行立体种植，可较好地安排农林牧项目短、中、长期的结合，不同时期可获得不同产品的经济效益。

研究区试验表明，经过3～5年的林草间作种植，可使牧草产量提高5～7倍，近期可获得草牧业收益，远期有林果业收益，能够发挥出长短期相结合的经济效益，帮助农民早日脱贫致富。林草间作种植模式，既可除莠施肥、改良土壤、提高林果单位面积产量，又可收获牧草饲养家畜发展畜牧业。研究区山桃+苜蓿种植模式，3年可积累干物质2.8万 kg/hm^2，折合蛋白质3 000kg/hm^2，无氮营养物8 000kg/hm^2；3年可固N 400kg/hm^2，保P 85kg/hm^2，相当于1 000kg尿素或15万kg优质厩肥，土坡有机质增加0.004%，团粒结构增长1.3倍。试验区山杏林间种植紫花苜蓿，年刈割3次，鲜草产量3.1t/hm^2。牧草控制了杂草，节省了除草工时，增加了土壤N素，同时提高了山杏的产量和品质。

结合退耕还林还草补贴政策，定西市大面积推广适应该区的林草间作种植模式。对位于定西市北山的随机抽取的有代表性的30户入户调查，该地山地和川地面积相当，主要种植模式是沙棘+陇东苜蓿、侧柏+陇东苜蓿。其中，陇东苜蓿的种植面积比沙棘和侧柏多，每人有0.27hm^2或0.33hm^2地主要种植陇东苜蓿，可收获干草150～200kg/亩，纯收入均在100～430元/亩，收益远远高于传统模式下的种植。在调查中发现，该区有很多农户进行小规模的牧草经营，以捆形式出售（草叶也可打入捆，所以，浪费较少），每捆50kg，干草收购价0.8元/kg，每捆收入有100～200元。主要支出有：机械投入3万元、人工费投入每人每天50～60元、草绳10元/t、油10元/t。对小规模农户经营商来说最高收入为1 100元/t，平均收入为1 000元/t。草捆主要销往河北、内蒙古、上海、四川等地的奶牛场。较好的是大型收购商会上门收购草捆，并且运费由收购商承担，主要是汽车运输，这很大程度减少了小规模经营农户的成本支出。对农户来说，陇东苜蓿草的收入最高达到3 000～4 000元。林草间作模式不仅增加了林草的种植面积，也促进了牧草加工业的形成和发展，而且，给农户带来很大的经济利益。

对定西市南山的随机抽取的有代表性的50户入户调查，其主要种植模式有柽柳+陇东苜蓿、沙棘+陇东苜蓿、山桃+陇东苜蓿、山杏+陇东苜蓿。调查发现，单一种植小麦、玉米、披碱草和无芒雀麦的纯收入均在50～270元/亩，而采取山杏+陇东苜蓿、山桃+陇东苜蓿和侧柏+陇东苜蓿等林草间作模式的纯收入在85～520元/亩。退耕还林还草补贴每年2 700元/hm^2，其中，一半直接发给农户，一半用于政府统筹发展养殖业。如果再将生态效益、社会效益计入其中，所产生的综合效益将非常明显。

3. 社会效益 林草结合种草养畜的林草牧一体化发展模式，不仅吸纳了更多的农村剩余劳动力，还有效地促进了定西地区畜牧业的发展。2004年该区畜牧业总产值为109 368.63万元，到2007年增加至161 562.7万元。林草间作模式的推广，使农民在种草养畜、使用沼气、草畜产品加工等生产中掌握了新的先进技术，改变了农民的传统意识观念，有利于增强广大农民的科技意识、生态意识和可持续发展意识。

黄土丘陵沟壑区发展林草结合、种草养畜、林草牧一体化模式，建立水土保持型营养体农业生产体系，是解决山区林牧矛盾，充分发挥土地生产潜力，以草促林，制止滥垦乱伐、破坏生态植被，实现林草牧业统一协调发展并向高层次、高效益循环和可持续发展的必然途径。在多种因素的作用下，定西地区林业生产总值由2006年的5 578.73万元增加至2007年的5 656.98万元。林区发展草业的潜力大，林间种草和林区空地种草一方面通过种草和灌木、旱生植物为乔木生长创造条件，另一方面通过草灌乔结合改土造林，可有

效控制风沙为害和水土流失，解决群众所需的饲料、肥料、燃料问题，从而提高群众造林的积极性和造林成活率，有利于达到治理国土、脱贫致富的目的。林草牧一体化综合发展模式是运用生态经济学和系统工程原理指导农业区域综合开发的有益尝试。该模式成功地把绿色植物的第一级生产和动物养殖的第一级生产有机地联系起来，把林草植被建设成果的一部分以商品的形式表现出来。通过林草间作模式的探索研究，推进黄土丘陵沟壑区传统种植结构的调整，促进农民增收和新农村建设，可实现更大的社会效益。

立地条件较差的黄土丘陵沟壑区进行林草间作种植，比传统的单一种植模式有更高的生态、经济效益和社会效益。但在特定立地条件下针对不同林草间作模式，要进行分类经营、分类管理。从市场导向原则考虑，开发利用退耕地生产的林特产品、畜产品应是适销对路的经济价值高、品质好的产品。开发利用退耕地采用产业化经营的形式，即有龙头企业牵引、以退耕地为生产基地、实行公司＋农户（承包使用退耕地农户），或公司＋基地形式。产业化经营可以实现规模经营，便于采用先进的科学技术，便于政府的支持与引导。

在林草间作种植模式推广过程中，营造商品林（经济林、薪炭林、用材林）或种草养畜，主要依靠集体和个人投资，以市场为导向，自主经营，自负盈亏；营造生态公益林（防护林），由于生态效益的外部性与共享性，以及经济效益低下，投资主体应以国家和地方政府为主，农民以工代赈出劳动力。生态经济型防护林则应在保持生态平衡的前提下，以市场为导向，实行产业化经营，国家给予适当的补贴，集体或个人投资为主。

二、绿洲区模式

（一）绿洲区基本背景

塔里木河（简称塔河，全书同）是中国最长的、典型的、最具代表性的内陆河。从其最长的源流叶尔羌河（发源于喀喇昆仑山）的源头算起，至塔河干流尾闾台特玛湖，全长 2 437km。塔河流域是新疆南部环塔里木盆地的 9 大水系、144 条河流流域的总称，面积 $102\times10^4km^2$。塔河干流是指阿克苏河、和田河、叶尔羌河 3 河汇合口肖夹克至台特玛湖河段，长 1 321km。塔河干流深居塔里木盆地腹地，极端干旱。干流自身不产流，水量全部依靠源流河供给，是干旱区纯耗散型内陆河流，干流流域面积 $1.76\times10^4km^2$。干流下游恰拉至台特玛湖河段，河道长 428km，河道两侧原来水分条件较好的植被生长良好，故被称为绿色走廊，走廊面积 4 240km^2。绿色走廊实际上是塔河在塔克拉玛干沙漠和库鲁克沙漠之间冲出的一个绿色隔离带，阻止着两大沙漠的合拢。

（二）绿洲区生态形势恶化

1. 水源减少　近年来源流供给干流水量一直呈减少趋势，阿拉尔水量从 20 世纪 50～60 年代的超过 $50\times10^8m^3$，减少到目前约 $40\times10^8m^3$，且干流上中游区较大规模的无序、低效的水土开发，到达干流下游的水量逐年减少，下游河道断流、萎缩。1970 年，干流下游英苏至台特玛湖 266km 河道断流，台特玛湖于 1974 年干涸。以后，大西海子水库也仅有个别年份泄水，实际上大西海子水库成了塔河的终点。而中游及上游下段河道河床淤

积抬升、洪水漫溢，水流挟沙能力降低，加剧了河道淤积，积重难返形成了恶性循环。由于干流总体水量的减少，上中游局部地区和下游大范围地下水位下降，下游阿拉干地下水埋深已降至 11.8m。干流水质恶化，一方面是枯水期河道水少，蒸发强烈，矿化度增大，另一方面上游河道农田排水和回归水增多，加剧了河水的矿化程度，两者协同作用，使干流除 8 月为淡水外，其余各月分别为微咸水、半咸水和咸水。

2. 植被退化 人工绿洲面积不断扩大的同时，天然绿洲总体在退化中，下游最为严重。胡杨林作为塔河流域生态群落中的主要一员，维系着下游绿色走廊的存亡，面积从 20 世纪 50 年代的 $46\times10^4hm^2$ 减少到 90 年代的 $19.15\times10^4hm^2$，特别是下游由于河道断流，绿色走廊的胡杨林面积从 $5.4\times10^4hm^2$ 锐减至 $0.67\times10^4hm^2$，减幅达 87.6%。英苏至台特玛湖段原有胡杨及柽柳灌木成片衰败死亡，多数覆没于流沙之下，生态严重衰退，闻名于世的绿色走廊濒临毁灭。

3. 气候变化 水源和植被变化同时，气候也发生着不良变化。塔河中下游地区气象灾害越来越频繁，灾害强度加重，如干旱加剧、大风天数增多，强度增强、发生沙尘暴浮尘天数增多、无霜期变短、干热风频发、冰雹灾害加重等。恰拉至大西海子区间的农二师 5 个团场，已形成的以绿洲为依托、稳定性差、较脆弱的人工农业生态，对这些恶劣的气候条件难以适应，缺乏抵御能力，呈现萎缩趋势，耕作面积已从 20 世纪 60 年代的 $2.67\times10^4hm^2$ 减少到目前的 $1.51\times10^4hm^2$。

塔河干流区现状为生态脆弱区，从上游到下游，随着水量的耗散，生态环境恶化呈加剧趋势，上游生态一般脆弱，生态脆弱性指数 EFI = 0.25（绿色生态区，EFI < 0.3），中游生态中度脆弱，EFI = 0.532（黄色生态区，0.3 ≤ EFI < 0.5），下游生态强度脆弱，EFI = 0.87（红色生态区，EFI ≥ 0.5）。

（三）生态环境恶化的原因

1. 水资源问题 流域水资源的开发、利用、治理和配置尚未达到科学合理的程度，节约和保护水资源的步伐和措施缓慢，源流供给干流的水量在减少，干流中上游消耗的水量在增加，输往下游的水量不断减少，早已达不到维持生态的基本水分要求，下游生态几乎完全破坏，丧失支撑功能。

2. 绿洲生态与自然生态的矛盾 建立人工绿洲生态与保护自然生态的对立，以自然生态的衰退为代价换来人工绿洲规模扩大，削弱了自然生态的保护屏障作用。

3. 人工绿洲生态脆弱 人工绿洲以粮棉种植为主体，生态结构简单，层次单一，人工绿洲生态脆弱、稳定性差、适应能力低，抵御灾害力量薄弱。

（四）林草建设是塔河干流区改善生态的有效手段

水是决定生态环境演变的主导因子，科学有序的水资源开发、利用、治理、配置、节约和保护是塔河干流区改善生态的先决条件。然而，生态改善也决非水到渠成，必须在合理地开发利用水资源的基础上，将建立稳定而坚实的人工绿洲生态与保护和改善自然生态有机地结合起来。稳定、坚实的绿洲生态必须通过增加绿洲生态的结构和层次来实现，林草建设作为一种技术支撑措施，是增加绿洲生态结构和层次、建立稳定而坚实的绿洲生

态、保护和改善自然生态最经济和有效的手段，是绿洲生态与自然生态的结合点，对绿洲生态起保护作用，对自然生态起支撑作用。

塔河干流区是一个经济欠发达的少数民族聚居地区，实施退耕林草间作比生态重建投资少，见效快，可以减少自然灾害损失，还能促进和加快农业结构调整，发挥草业、畜牧业、优质果品的区域特色经济优势。在不影响经济发展的同时，保证农民增加收入，促进社会健康稳定发展，从而使改善生态的各项措施能够长久持续。

（五）实施退耕林草建设应注意的几个问题

退耕林草建设事关改善生态、调整农业结构。而且，在不影响区域经济发展的同时，还要保证农民增收。所以，就不是简单地拿出耕地来种树、种草，而是一个复杂的系统工程，是一项新的研究课题。鉴于塔河干流区特殊的社会、经济、资源和生态条件，在实施退耕林草建设的过程中，要认真研究改善生态与经济发展、改善生态与农业结构调整、现代技术应用与传统方式的关系，科学合理地确定退耕林草建设的规模、重点以及林草之间和林草内部的比例，客观地选择退耕林草建设形式，以保证退耕林草建设项目的实施和塔河干流区生态环境持续改善。

1. 合理确定退耕林草建设的规模和重点 合理确定退耕林草建设的规模和重点，关系改善生态与发展经济的协调性和持续性。要避免盲目，应该从自然生态退化的程度，发展农业的资源优劣对比以及资源的优化配置等方面的综合分析，来确定退耕林草建设规模及重点。以绿洲边缘与自然生态交融处和绿洲内部生态恶化区域为重点，以改善生态为方向，自然生态退化严重的地区，规模太小，起不到改善生态的作用，经济发展也就难以长久持续。必须因地制宜，考虑区域整体退耕；在自然生态退化不太严重的地区，则应通过适度的退耕林草建设，稳固自然生态，防止其进一步退化，在不影响农业经济持续稳定发展的前提下确定规模。规模太大，将影响经济发展。遵循塔河干流区生态恶化的规律，退耕林草建设的规模和工作重点应与不同区域生态脆弱性指数成正比关系，即生态脆弱性指数高的区域规模大，应是退耕林草建设的重点。通过合理充分利用水资源，退耕林草建设，能迅速有效地遏制生态恶化并使其逐渐好转。

2. 合理确定林草之间及其内部的比例关系 林草之间及其内部的比例关系，对改善生态和促进农业结构调整具有非常重要的现实意义。还林、还草都对改善生态起积极的作用，但林与草的关系处理不好，势必影响农业结构的调整，也影响农业复合生态结构和层次的建立，更直接影响农民收入，最终影响到退耕林草建设能否深入持久地开展下去。种树产生的生态作用大，而产生经济效益所需时间较长；种草产生的生态效益不及种树，但能够当年就有经济收益。同样是种树，不同的树，生态、经济效益也不同，草亦是如此。林、草的合理比例应该是：林 60%，草 40%。林的组成中经济林（果林）50%，生态防风兼用材或薪碳林 25%，生态固沙林 25%。草的组成中，优质饲草 60%，经济用途的植物 20%，防风固沙植物 20%。经济林以塔里木河流域内不同地域的特色干鲜果品为重点，如香梨、枣、核桃、石榴、巴旦木、杏等；生态防风兼用材或薪炭林以高大树为主，如新疆杨、钻天杨、白杨、胡杨、沙枣等；生态固沙林应选择耐旱、根深、生命力顽强的乔木、灌木，如柽柳等。牧草应选择耐旱、耐盐碱、多年生、产量高、质量好的禾本科和豆

科牧草品种，如苜蓿、沙打旺、红豆草、披碱草等。经济用途的植物多指干旱地区特有的药用植物，如甘草、罗布麻、麻黄等。防风固沙植物以自然生态中已有的为重点，如柽柳、铃铛刺、骆驼刺、花花柴、小蓟、芨芨草、苦豆子等。

3. 带状分布、林草间作套种形式是塔河干流区退耕林草建设的理想选择 退耕林草建设不仅仅是解决生态问题，而且也在进行经济结构的调整。调整的力度取决于退耕林草建设能否振兴果林业、草业，进而带动畜牧业等相关产业升级。站在21世纪的起点上，就应该用现代技术来变革传统的方式，选择适宜现代技术进行种植、管理、利用的还林还草形式，运用一系列耕作、灌溉和管理的新技术，提高还林、还草的质量，以取得最佳的生态效益和最好的经济效益。

塔河干流区退耕林草建设的形式应该坚持乔、灌、草相结合，以带状分布、林草间作套种取代传统而简单的片状分布，采取林草混种的形式。这种形式上的变化，既是种植、灌溉、管理和利用的需要，也是推广应用现代技术、提高还林、还草的质量、加快改善生态步伐、提高生态和社会效益的需要；还体现了还林还草从粗放型向集约型的转变。林草混种是一种普遍的、简单易行的乔、灌、草相结合的方式，适宜于气候湿润、降水充沛、以治理水土流失为主的区域，主要针对历史上毁林开荒形成的25°以上的坡耕地。而塔河干流区气候干燥，降水极其稀少，水资源的时空分布不均，耕地沙性重，乔、灌、草的种植、管理，特别是灌溉必须依赖于人工。且这里土地平坦，可机械化耕作程度较高，很适合林草间作套种的形式。

同时，流域内节水意识和节水技术应用水平正在逐步提高，林木抚育和病虫害防治及果树矮、密及栽培技术在不断进步，畜牧业由逐水草而居的原始游牧方式向牧民定居、圈养舍饲的集约化方式转变等，为带状分布，林草间作套种提供了很好的前提条件。最根本的是林草作为两个产业，乔、灌、草作为不同的物种，生理机能不同，需要区别对待。塔河干流区退耕林草建设采取带状分布、林草间作套种的形式，就可以体现出林、草两产业的社会分工，乔、灌、草就可以按照不同的栽培要求精细种植、精心管理，避免盲目；节水灌溉就可以通过林木滴灌、草业喷灌得以实现；最终使果林业、草业得到振兴，促进畜牧业等相关产业的升级，实现农业经济结构的战略性调整。林草间作套种的顺序从绿洲向外的排列应该是经济林、多年生优质禾本科牧草、防风林和薪炭林、多年生豆科牧草和药用植物、固沙林、固沙植物。

三、平原林地模式

中国农区，通常指以农作物栽培为主的地区，面积458.82万km^2，占全国土地总面积的47.79%，其中，实用耕地8 732.52万hm^2（1989年），占全国耕地总面积的87.94%。1999年，江泽民同志作出“再造秀美山川”的重要批示后，国家规定在农区>25°以上的陡坡耕地实施退耕林草建设，其占耕地面积的5.47%，即543.17万hm^2，如何充分利用退耕林草建设政策，稳定和增加退耕区农民的收入，是时代赋予的任务。

（一）退耕还林土地实行林草间作的必要性

退耕还林地实行林草间作，种植多年生优质牧草，可以有效解决国家要“被子”，农

民要“票子”的矛盾，稳定退耕区农民收入，保护生态环境，确保经济效益和生态效益的共进双赢。

1. 实行林草间作可以培肥土地、改良土壤　据研究证明，播多年生牧草是改良土壤结构、增进土地肥力的重要措施。种过二三年混播牧草之后，每公顷土地增积的有机物相当于施用20～30t厩肥，遗留在土壤中的根茬所含养料，每公顷约有215kg的N，23kg的全P和80kg的全K，而且这些物质能均匀而深入地分布在土壤中，故其效力比施用厩肥等有机肥料还要大。

2. 保墒固土　退耕地实行林草间作，可以保墒固土，提高树苗成活率。研究表明，当降水量为346mm时，每亩水土流失量，裸地为450kg，耕地为238kg，林地为40kg，而草地仅有6.2kg，裸地、耕地和林地的水土流失量分别是草地的72倍、38倍和6倍。当年退耕林草建设地，如果不实行林草间作，坡度在25°以上的陡坡地每年每亩流失土壤8～10t，即使是生长3～8年的林地，拦蓄地表径流的能力也只有34%。而牧草由于根系多集中分布在10～30cm的表土层中，因而防止水土流失的能力明显高于灌丛和森林。生长两年的草地就可拦蓄地表径流的54%，比林地高出20个百分点，保水能力则大1 000倍。据试验，实施林草间作栽植树苗成活率可提高15～40个百分点。

3. 绿化荒山，美化环境　退耕还林实行林草间作，可以绿化荒山，美化环境。退耕还林之后，在5年以内，树林不能覆盖山坡，土地仍然裸露，就不能达到绿化荒山、美化环境的目的。而实施林草间作，则可以弥补。草能吸收太阳的辐射热，有效地降低温度，增加相对湿度，故夏天湿度要比裸地高10%～20%，冬天气温则比裸地高0.8～4℃。

4. 发展畜牧，以短养长　退耕还林实行林草间作，可以发展畜牧，以短养长，稳定退耕区农民收入。陕北志丹县从1999年开始实行林草间作4 867hm^2，推行山羊舍饲圈养，到2001年11月份开始颁布封山禁牧后，2002年全县牧业产值7 497万元，农民人均畜牧业收入580元，占总收入的34%，全县共完成水土流失治理面积1 162km^2，治理程度达54%，取得了经济、生态、社会效益的协调发展。鄂西北房县2002年集中连片实行林草间作68hm^2，实施草畜配套，利用畜粪发展沼气，既节约能源，增加了收入，又达到了保护生态的目的。

（二）退耕还林地实行林草间作牧草品种的选择

按照国务院《退耕林草建设条例》：“以间作方式植树种草的，应当间作多年生植物”的规定，林草间作牧草品种应该选择多年生，株高在50～150cm的牧草，以免影响树苗的光照和通风。

1. 红三叶　红三叶属多年生豆科草本植物，平均寿命6年。根系入土较深，多分布在0～30cm土层。主茎分枝多，株高达1m左右。喜温暖湿润气候，夏不过热，冬不过寒的地区最为适宜。在年降水量800～2 000mm地区生长良好、产量高。遇伏旱高温，生长停滞或死亡，秋冬季又可复壮。红三叶与禾本科牧草混播建立人工草地以刈割青饲和放牧利用为主，也可用来制作青干草，青贮饲料。一般鲜草亩产量2 000～3 500kg，不仅是优良饲草，也是改良土壤的好植物。与农林作物间作，不仅可以改良土壤结构增加土壤肥力，还可提高农林作物产量。

2. 白三叶 白三叶属多年生豆科草本植物，平均寿命7～8年。主根短，侧根和须根发达，生有很多根瘤。主茎短，高50～80cm。喜温凉湿润气候，遇伏旱或秋炎热干旱，生长停滞或部分死亡。一般每亩鲜草产量1 000～1 500kg，适口性好。茎叶柔嫩多汁，蛋白质含量高，是一种非常理想的青绿饲料。白三叶与农林作物间作，能改善土壤结构，固N保墒，增加土壤肥力，提高林木生长速度和林果产量。

3. 紫花苜蓿 紫花苜蓿是豆科多年生草本植物，平均寿命5～7年。广泛分布于中国西北、华北、东北地区，江淮流域也有种植。紫花苜蓿根系发达，入土很深，一般为1～3m，有根须。茎直立或半直立，多分枝，高1～1.5m。苜蓿的品种很多，气候特点是选择苜蓿的首要因素。紫花苜蓿是一种富含蛋白质的优质饲草，号称牧草之王，优质干草含蛋白质20%～22%。鲜草亩产量0.6万～1.2万kg。

4. 多年生黑麦草 多年生黑麦草属禾本科草本植物，平均寿命5～8年。侧根发达，入土不深，主要分布于15cm深的土层中。喜温暖湿润气候，适于年降水量1 000～1 500mm、冬无严寒、夏无酷暑的地区生长，生长最适温度为20℃，在10℃也能较好生长，不耐炎热。亩产鲜草4 000～8 000kg。茎叶柔嫩，品质优良，蛋白质含量较高，适口性好。多年生黑麦草与豆科牧草混播，供放牧利用最为理想。在气候温暖湿润山区与红三叶、白三叶混播，每年可刈割3～4次。

5. 鸭茅 鸭茅是禾本科多年生草本植物，平均寿命7年。四川、云南、青海、新疆等高海拔山区都有分布。由于其适应性广、抗逆性强、叶量大、草质好，利用季节和年限长，是建立人工草场的重要牧草之一。鸭茅茎直立、光滑、疏丛型、株高60～130cm。亩产鲜草一般2 500～4 500kg。鸭茅一旦建植，草丛厚密，经久不衰，其饲草可刈割青饲、晒制干草、制作青贮。

6. 苇状羊茅 苇状羊茅属多年生草本植物。须根发达，入土层深。茎直立粗壮，丛生型，高70～180cm。叶量多，色深绿较粗糙。苇状羊茅既耐严寒，也耐炎热干旱，夏季仍可保青绿，盛夏高温后的缺青期尚可刈割青草。冬季不怕霜害。在酸性、碱性和排水不良的土壤都能生长良好。在湿润温暖地区和肥沃土壤环境里生长最好，年亩产量3 500～4 500kg，适宜与豆科牧草混播。

（三）退耕还林地林草间作牧草栽培技术

退耕还林地一般耕作多年，土层深厚，土地比较肥沃，大都适合于牧草的种植。无论春播、夏播或秋播，都应按照以下程序操作。

1. 播前彻底清除杂草 退耕地如不及时播种其他作物，杂草会迅速生长蔓延，对种植的人工牧草构成威胁。因此，清除杂草是决定人工种草成功的关键。杂草少的地块可在垦复时拣净杂草根茎。杂草比例较大时可在垦复前，用化学除草剂喷雾杀灭杂草。

2. 垦复 垦复方法为：树苗未栽植前用畜力或机械耕，普遍耕翻细耙，敲碎土坷垃。已栽植树苗的，必须人工用锄耕翻6～8cm深，整平待播。

3. 施肥 施足底肥。充分的肥源是确保种植牧草苗期生长和获得高产稳产的基础。垦复前亩施农家肥2.5～3t，P肥30～50kg，均匀撒于退耕地表，耕翻时覆于浅层土表。

4. 合理搭配混播品种和各品种之间的比例 使各种牧草能相互协同，互相促进，四

季长青，均衡供应。混播品种主要由禾本科与豆科牧草组成，两者之间的搭配比例以7：3较为合适。若豆科牧草比例过高（特别是白三叶），一是降低牧草产量；二是豆科牧草生命力较强，种植数年后禾本科牧草完全被豆科的侵占；三是豆科比例过大，影响动物采食量，甚至引起瘤胃臌胀。

5. 播期　林间套草春夏秋均可播种，但以秋播最佳。播种日期选择墒情好的天气，可提高出苗率。

6. 播种方式　撒播、条播均可。

（1）撒播　因豆科种子质量较重，禾本科种子质量较轻，为保证均匀，撒播时应两次撒播，种子下地后捆一小把树枝上压一石块，用人工拽拉树枝覆盖，覆盖深度1～2cm。

（2）条播　以人工起沟下种，深度5～8cm，行距一般为30～35cm。覆土深度1～2cm。条播种子比较均匀，但较费时费工。

（3）补播　播种时因种子质量、墒情好坏、覆盖深浅等因素都可造成缺苗。待出苗后要及时观察，缺苗的空隙要及时补播，防止缺苗过多。

7. 苗期追肥　牧草在细嫩时期生长比较缓慢，为促进生长，必须追施速效肥料。追肥时间在出苗3～5cm高度或种子下地25～40d。追施的肥料以N肥为主，用量一般为5～10kg/亩。

8. 及时拔除杂草　当牧草苗高30cm或出苗达80%以上，必须及时人工根除杂草，防止草荒，特别是夏播牧草，否则会导致种草失败。

9. 适时追肥，提高牧草产量和牧草养分含量　据牧草营养成分分析表明，粗壮型牧草茎叶能量和粗蛋白含量高于瘦弱型2～3倍。因此，适时合理施肥是提高牧草产量和牧草营养含量的关键措施。草地施肥一般在每次刈割前5～10d，每亩施N肥5～7.5kg或液体农家肥1～1.5t，有助于植株根茎分蘖和茎叶生长，也可在刈割后追施，但效果不及刈割前。

（四）退耕还林地林草间作利用方式

1. 利用方式　牧草利用按其方式可分为放牧利用和刈割两种方式。林草间作地不宜放牧利用，一是畜蹄践踏，易使土壤板结，影响产草量；二是牲畜挑食易使禾木科牧草提前衰败，影响草地使用性能；三是动物践踏采食易糟蹋林木、妨碍树木生长。牧草的使用和加工方法分为鲜饲、青贮和晒制干草。

2. 不同品种牧草刈割利用期　牧草收割的次数越多，单位面积产草量越高。但过度幼嫩的牧草不仅养分含量少、水分含量多、动物采食后易引起胃肠不适，还容易造成“腹饱但营养不足”，影响生长发育，甚至引发胃肠疾病。过晚收割不仅牧草产量低，而且粗纤维含量增多，可消化率降低，亦影响动物生长。根据牧草的生长规律确定合理的收割期，是保证牧草地获得优质高产的关键。一般禾本科牧草在抽穗期，豆科牧草在盛开期为最佳刈割期。此时牧草水分含量适中，营养丰富，粗纤维含量低，体内消化率高。在实际应用中，鲜饲可适当提前收割，晒制青干草、制作青贮料推迟10～15d收割。

3. 牧草刈割　鲜饲或用于青贮或经晒制后的青干草，都应铡短至3～5cm喂饲牛羊，可显著提高饲草利用率，减少损失20%以上。

（五）林草间作效益分析

1. 退耕还林地林草间作牧草生长量的测定 选择多年生翌年的混播草地 $10m^2$ 长势中等的地块。该地块海拔 600 ~ 650m，棕壤土质，土层较厚，肥力中等，坡度 25° ~ 30°，测试全年刈割 6 次，每平方米平均单产 2 ~ 12kg，亩产鲜草 8 850kg。

2. 山羊采食量的测定 在羊群中随机抽 6 只山羊（怀孕母羊、哺乳母羊、育成羊各两只）。平均体重 25kg 的山羊，全鲜草型饲养每天需采食牧草青饲料 4kg 左右，在补饲体重 1% 精料的条件下（即 0. 25kg 左右），每天青饲采食量 3kg 左右。

3. 人工牧草及山羊生长潜能

（1）退耕林草建设、林间套草的鲜草产量 与土肥水及种植管理条件密切相关。在良好土肥水和管理条件下，其鲜草亩产量可达 8 ~ 12t，较差条件也可达 4 ~ 6t。

（2）山羊的生长潜力优势 一般努马二元杂交羊在采食足够鲜草和补饲 150 ~ 300g 全价精饲料的条件下，日均增重可达 200 ~ 250g；努马三元杂交羊日均增重可达 200 ~ 280g，10 月龄体重可达 60 ~ 75kg。

4. 退耕还林套草的投入与利用 种草投入每亩 150 元，连续使用 5 ~ 8 年，加上管理中的追肥费用，每年的种草投入为 78 元/亩。混播牧草平均单产 7t/亩计，则鲜草的成本价为 0. 002 8元/kg。

5. 圈养山羊投入 1 只能繁母羊年产羔 3 只的投入，饲料费 74. 60 元，医疗费 18 元，分摊费用 74 元，羔羊断奶前费用 49. 4 元，合计 216. 0 元。平均每只羔羊生产成本 72. 3 元，再加上断奶后肥育到 9 月龄饲料费 55. 44 元，医疗费 10 元及公摊（折旧、死亡、利息）20 元，每只羔羊平均支出 157. 74 元。若 9 月龄羔羊体重达 40kg，售价按 7 元/kg 计，销售收入为 280 元，则纯收入为 122. 26 元。

本章参考文献

1. 阿不力孜，张磊，张希山等 . 2009. 普通红豆草品种区域比较试验研究 . 草原与草坪，（2）：51 ~ 56

2. 付彤 . 2007. 林草间作养好鹅 . 农家参谋，（7）：20

3. 焦菊英，李靖 . 2000. 黄土高原林草水土保持有效盖度分析 . 植物生态学报，24（5）：608 ~ 612

4. 刘秀梅，张榕，高占琪等 . 2010. 甘肃红豆草品种在高寒地区的适应性研究 . 草业科学，27（09）：82 ~ 85

5. 舒巧云 . 2004. 夏季牧草新品种——高丹草高产栽培技术简介 . 宁波农业科技，（1）：29

6. 谭勇，王长如，梁宗锁 . 2006. 黄土高原半干旱区林草植被建设措施 . 草业学报，15（4）：4 ~ 11

7. 王恭祎等 . 2009. 林地间作 . 北京：中国农业科学技术出版社

8. 王永琴 . 2001. 塔里木河干流区退耕林草建设（草）改善生态措施探讨 . 新疆环境保护，（01）：15 ~ 18

9. 王振军 . 2010. 黄土丘陵沟壑区林草间作土壤养分和水分动态研究 . 甘肃农业科技，(6)：5 ~ 8

10. 王致萍，周文涛，张晓霞 . 2009. 黄土丘陵沟壑区林草间作种植效益评估 . 草原与草坪，(6)：62 ~ 65

11. 杨红善，常根柱，周学辉等 . 2010. 美国引进苜蓿品种半湿润区栽培试验 . 草业学报，(1)：121 ~ 127

12. 张霞，郭前业，吴鸿文 . 2011. 石羊河重点公益林区林草间作效益分析 . 人民黄河，(2)：99 ~ 100

13. 张秀昌，戴炜 . 2005. 平原区林草间作栽培技术 . 河北农业科技，(3)：29

14. 朱磊，郑世清，孙晓霞 . 2007. 榆阳区优良牧草品种引种试验研究 . 陕西林业科技，(4)：8 ~ 14

第四章　林药间作

第一节　林药间作的条件

为改变退耕还林中林木种植结构单一、生产周期长、效益低的问题，进行林药间作，以科学利用林地空间，达到以短养长、提高效益的目的。适宜林药间作的药用植物很多，应在实际生产中选择适宜本地立地条件的药材种类，尽量向混交林发展，向乔、灌、草混交发展，充分利用光能、地力，充分发挥还林区的生态效益。

林木生长前期适合间作的药材有：穿山龙、柴胡、黄芩、大黄、苍术、远志、淫羊藿、地黄、红花、蛇床子、五味子等。在进行林药间作的时候，应注意按中草药各自不同的特性进行播种。如黄芪、防风、丹参、桔梗、党参、牡丹、大黄等中药材根长入土深，收获时有可能伤树根，要种在行间离树根远一些，采挖时不伤树根。在树空、树根附近再种上川芎、知母、太子参等，这些品种根浅，收获时不伤树根，生长起来紧围树盘可防止草荒。

一、适宜间作药用植物的林木及立地条件

（一）天然林、次生林的林下、林间、林缘

天然次生林是指天然森林被砍伐后，树根生出来幼树组成森林，针对原生林，称之为次生林；也就是最初的原始森林遭到破坏后，再次自然生长繁衍所形成的天然植物群落。就是说它不是人工的，而是大自然生命体的一种自我修复。这类林一般生长着株距不等、疏密不均的各种杂木，如杨树、桦树、椴树、榆树、柞树等树种。适宜间作的药材有穿山龙、五味子、刺五加、铃兰等。

另外，林中、林缘生长的药材还有蒲公英、白头翁、三颗针、列当、益母草、百合、乌头、草芍药、黄柏、卫矛、接骨木、忍冬、野火球等。

（二）人工林（成林或幼林）的林下、林间、林缘

人工林通常是开垦的荒山、荒地栽植的树类，一般是杨树、柳树和落叶松等。林木一般栽种 2 ~ 3 年后才能形成一定的荫蔽度，在这期间，合理套种茎秆低矮、株型瘦小、喜阳的中药材品种，可减少土壤养分流失、抑制杂草生长、增加效益。生产 1 ~ 3 年，在4 ~ 5m 宽的行距中套种中药材板蓝根、金银花、桔梗、贝母、西红花等植株较小、喜阳的品

种；3～5年，随着树苗的长大，其4～5m宽的行距已形成较荫蔽的环境条件，可种植一些喜阴的中药材，如柴胡、旱半夏、黄连、天南星、天麻、灵芝等。5～7年后，树木可出售，加上每年收获的药材，效益是相当可观的。适合此模式栽培的林木有杨树速生林网、果园及山区、丘陵开发的林果等。

1. 杨树、柳树类与药材间作　林木行距一般2m，株距1～2m，可在行间间作药材。1～3年的林木，树冠较小，可以畦作龙胆草、防风、柴胡等，可以垄作黄芪、板蓝根、远志等；树龄2～3年后，树冠变大，可以间作细辛和三七等。

2. 落叶松、樟子松林与药材间作　在落叶松1～3年龄期和樟子松1～5年龄期，可以间作甘草、防风、柴胡、苏子、板蓝根、桔梗、龙胆草、黄芪等种类。而落叶松、樟子松树冠大后，不宜与大多数药材间作，可选耐阴种类，如柴胡、细辛、天南星、三七、天麻等。

（三）防护林（成林或幼林）的林下、林间、林缘

以改善环境、涵养水源和保持水土等防护作用为主要目的而营造、经营的森林。可分农田防护林、水土保持林、水源涵养林及防风固沙林等。

1. 路边和田边防护林的间作　树冠增大后，可选择间作刺五加、防风、大力子、苍耳等种类。

2. 防沙固土林　林木行距2m，株距1～2m，可间作甘草、黄芪等根类药材。枸杞3～5年后丛生，树冠大，能起到防风固沙，防止水土流失作用，同时，达到退耕还林的目的。

二、适宜间作的药用植物生活类型

植物的生活类型主要有以下四个方面。

（一）对温度的反应类型

植物的生理活动、生化反应都必须在一定的温度条件下才能进行，其生长发育都有温度的“三基点”，即最低温度、最适温度、最高温度。超过这个温度范围，生理活动就会停止，甚至全株死亡。在此温度范围内，植物处在最适温度条件下的时间越长，对其生长发育和代谢越有益。植物的发育有时也要靠特定的温度诱导。

适合林药间作的药用植物，对温度的要求也各不一样。根据其对温度的要求不同可分为耐寒植物、半耐寒植物、喜温植物和耐热植物。

1. 耐寒植物　耐寒植物一般能耐－2～－1℃的低温，短期内可以忍耐－10～－5℃低温，同化作用最旺盛的温度为15～20℃，或到了冬季地上部分枯死，地下部分越冬能忍耐0℃以下，甚至到－10℃低温的一类植物。如人参、细辛、百合、平贝母、五味子、刺五加等。

2. 半耐寒植物　半耐寒植物是能耐短时间－2～－1℃的低温，在长江以南可以露地越冬，在华南各地冬季可以露地生长，同化作用最适温度为17～23℃的一类植物。如黄连、枸杞、知母等。

3. 喜温植物 喜温植物是种子萌发、幼苗生长、开花结果都要求较高的温度，同化作用最适温度为20～30℃，花期气温低于10～15℃则授粉不良或落花落果的一类植物。如金银花、曼陀罗、颠茄等。

4. 耐热植物 耐热植物是指生长发育要求温度较高，同化作用最适合温度多在30℃左右，个别可在40℃下正常生长的一类植物。如罗汉果、丝瓜、冬瓜、南瓜等。

（二）对光照的反应类型

长期生长在不同光强环境下的植物在形态结构和生理等方面产生了相应的适应。根据植物对光照度表现出的适应性差异，可以将植物分为阳生植物、阴生植物和中间性植物。

1. 阳生植物 阳生植物是只有在充足的直射阳光的环境中才能生长健壮和繁殖，需要光的最下限度量是全光照的10%～20%，光饱和点在全光照的40%～50%以上，光补偿点为全光照的3%～5%，在荫蔽和弱光条件下生长发育不良甚至死亡的一类植物。该类植物的光补偿点和光饱和点均较高，光合作用及呼吸速率也较高。多生长在旷野、路边、向阳坡地等光照条件好的地方，如雪莲、红景天、蒲公英、甘草、枸杞、锁阳、肉苁蓉、山药、红花、地黄、薄荷、知母等。

2. 阴生植物 阴生植物是适宜生长在荫蔽的环境中，光饱和点在全光照的50%以下，一般为全光照的10%～30%，光补偿点为全光照的1%左右，在较弱光照条件下比在强光下生长良好的一类植物。但阴生植物对光照的要求也不是越弱越好，当光照度低于其光补偿点时也不能生长。该类植物光补偿点和光饱和点均较低，光合作用和呼吸速率也较低，如暴露在全光照下会被晒伤或晒死，因此，多生长在潮湿背阴的地方或密林中。如人参、西洋参、细辛、刺五加、三七、黄连、天南星、半夏、鱼腥草等。

3. 中间性植物 中间性植物是介于以上两类植物之间，尤其是成熟植株在全光照条件下生长最好，但也能忍受适度的荫蔽或是在生育期间需要适度遮阴的一类植物。它们既能在阳地生长，又能在较阴的地方生长，只是不同的植物种类，其耐阴性不同而已。如桔梗、黄精、党参、肉桂、麦冬、款冬、大叶柴胡等。

以树木而言，阳生树种一般枝叶稀疏、透光，自然整枝良好，枝下高长，树皮通常较厚，叶色较淡，植株开花结实力较强，一般生长较快，寿命较短。阴生树种一般枝叶浓密，透光度小，自然整枝不良，枝下高短，树皮通常较薄，叶色较深，通常生长较慢，寿命较长。

从茎的形态结构来看，阳生植物的茎通常较粗，节间较短，分枝也多，茎内部结构是细胞体积较小，细胞壁厚，木质部和机械组织发达，维管束数目较多，结构紧密，含水量较少。阴生植物的茎通常细长，节间较长，分枝较少，茎内部结构是细胞体积较大，细胞壁薄，木质化程度较低，机械组织不太发达，维管束数目较少，结构疏松，含水量较多。

（三）对光周期的反应类型

在温度、降水量、昼夜长度等会随季节有规律变化的气象因子中，昼夜长度变化是最可靠的信号，不同纬度地区昼夜长度的季节性变化是相对准确的。纬度越高的地区，夏季昼越长，夜越短，冬季昼越短、夜越长；春分和秋分时，各纬度地区昼夜长度相等，均为

12h。自然界一昼夜间的光暗交替称为光周期。生长在地球上不同地区的植物在长期适应和进化过程中，表现出生长发育的周期性变化，植物对昼夜长度发生反应的现象称为光周期现象。植物对光周期的反应可分为短日植物、长日植物、短长日植物、长短日植物、中日性植物和中间性植物。

1. 短日植物 短日植物是指在日照长度只有短于其所需求的临界日长（一般在 12 ~ 14h 以下）才能成花的植物。对这些植物适当延长暗期可促进或提早开花，相反，如延长日照时间则推迟开花或不能开花。如苍耳、紫苏、大麻、黄麻、龙胆等。

2. 长日植物 长日植物是指日照长度必须大于某一临界日长（12 ~ 14h 以上）才能成花的植物。对这些植物延长光照时间可促进或提早开花，相反，如延长暗期则推迟开花或不能成花。如典型的长日植物天仙子必须满足一定天数的 8. 5 ~ 11. 5h 日照才能开花，如果日照长度短于 8. 5h 就不能开花。属于这类的植物如欧牛蒡、紫菀、凤仙花、金光菊、山茶、红花、桂花、当归、毒麦等。

3. 短长日植物 短长日植物指要求先短日后长日的双重日照条件才能开花的植物。其花诱导过程需要短日照，但花器官的形成则需要长日照条件，常在早春短日照后的初夏开花，如风铃草、鸭茅、瓦松、白三叶草等。

4. 长短日植物 长短日植物指要求先长日后短日的双重日照条件才能开花的植物。其花诱导过程需要长日照，但花器官的形成则需要短日照条件，常在夏季长日照的秋天开花，如大叶落地生根、芦荟、夜香树。

5. 中日性植物 中日性植物指只有在某一定中等长度的日照条件下才能开花，而在较长或较短条件下均不能开花的植物。如甘蔗需要 11. 5 ~ 12. 5h 日照下才能开花。

6. 中间性植物 中间性植物指植物的成花对日照长度不敏感，只要其他条件适宜，一年四季都能开花的植物。属于这类的植物有曼陀罗、颠茄、蒲公英等。

昼夜周期中诱导短日植物开花所需的最长日照或诱导长日植物开花所必需的最短日照称为临界日长。短日植物和长日植物需要一定临界日长，但这并不意味着它们一生都必须在临界日照长度下生长，而是在发育的某一时期，经一定数量的光周期诱导后才能开花。

与临界日长相对应的还有临界夜长。临界夜长是指在昼夜周期中长日植物能够开花的最大暗期长度，或短日植物能够开花的最小暗期长度。

（四）对水分依赖程度的类型

水分既是植物体的组成成分，又是影响植物生长发育的重要生态因子。根据环境中水的多少和植物对水的依赖程度，可以将植物划分为水生植物和陆生植物。

1. 水生植物 生长在水中的植物统称为水生植物。此类植物根系不发达，根的吸收能力较弱，疏导组织简单，但通气组织发达。水生植物的种类很多，根据所生长环境内水的深浅不同，可以划分为沉水植物、浮水植物和挺水植物。

（1）沉水植物 整个植物体沉没在水下，与大气完全隔绝，如苦草、马来眼子菜。沉水植物是典型的水生植物，表皮细胞不具备角质层、蜡质层，能直接吸收水分、矿质营养和水中的气体，这些表皮细胞逐步取代根的机能，因此，根组织退化甚至消失。

（2）浮水植物 浮水植物的叶片都漂浮在水面，如浮萍、睡莲、莼菜等。浮水植物

的气孔通常长在叶的上面，叶片上表皮有蜡质，栅栏组织比较发达，维管束和机械组织不发达，有完善的通气组织。

（3）挺水植物　挺水植物的根和根状茎在水下土壤中，茎叶露在水上，如泽泻、莲、香蒲、芦苇等。挺水植物的根和根状茎通气道发达，茎叶角质层发达。

2. 陆生植物　在陆地上生长的植物统称为陆生植物，包括湿生植物、中生植物、旱生植物 3 种。

（1）湿生植物　是指在潮湿环境中生长，不能忍受较长时间的水分不足，抗旱能力最小的陆生植物。多数生长在沼泽、河滩、山谷等地。如海芋、观音座莲、水稻、灯芯草等。水分缺乏将影响湿生植物生长发育以致萎蔫，由于适应水分充沛的环境，叶片上下两面都有气孔。

（2）中生植物　是比较适应生长在中等水湿条件，不能忍受过干或过湿条件的植物。如桔梗、白芷、前胡、牛蒡、苍术、地黄、浙贝母、延胡索等。中生植物不仅适应中等湿度的水湿条件，同时也要求有适度的营养、通气、温度条件，是种类最多、分布最广、数量最大的陆生植物。中生植物的根系、疏导系统、机械组织和节制蒸腾作用的各种结构都比湿生植物发达。

（3）旱生植物　是指在干旱环境中生长，能忍受较长时间干旱仍能维持水分平衡和正常生长发育的一类植物。在干热的草原和荒漠地区，旱生植物的种类特别丰富。如旱麦草、荒漠庭荠、刺叶、羽茅。其中的多浆汁植物种类较多，如仙人掌科、百合科、菊科、景天科、马齿苋科等。

林药间作利于生物多样性的发展，能充分利用林地空间，进行多层次的林药立体经营，是体现林业经济效益、生态效益的重要复合种植模式。

应严格选择间作的药材种类，合理安排，避免产生不良影响。主要应注意五个方面：第一，选用的中药材种类要以耐阴性、浅根性为主；第二，配置比例要适当，坚持以造林树木为主，优势互补；第三，坚持以本地的特优、道地药材为主；第四，加强田间管理，互促互利，控制矛盾，以确保双丰收；第五，不能互相传播病虫害，所种中药材不能是造林树木病虫害的中间寄主。

第二节　一些种类林药间作模式

林药间作应选阳性、深根系树种的阔叶林，间种喜阴、耐阴或半喜阴的药材，如细辛、五味子、黄芩、人参等。本节以 15 种药用植物的间作模式为例。

一、细辛 *Asarum sieboldii* Miq.

（一）形态和生活习性

别名马蹄香、华细辛、大药等，属于马兜铃科细辛属多年生草本植物。根状茎横走，茎粗约 3cm，下面着生黄白色须根，呈丛状，有辛香。根茎顶部分歧，每分歧上生 2～3

枚鳞片及1～2枚具有长柄的叶；鳞片圆形、膜质，先端钝圆。叶柄有短柔毛或无毛；叶片心脏形，花单一，紫红色，由两叶间抽出，近花被筒处成直角状弯曲，状如烟袋锅。花被裂片为3，三角状广椭圆形，稍尖，由基部反卷。果为假浆果，半球形，顶端有残存花被，成熟后不裂开，腐烂后不规则破裂。细辛在6～7月播种后，当年并不出苗，只长胚根。8月中旬胚根长出，翌年春天出苗，只生两片子叶，直到秋季枯萎休眠。第3～4年春出苗后，可长出1片真叶，其叶片随着年生的增加而增大，第5～6年以后可长出2片真叶，并能开花结实。花期5月，果期6月。

野生细辛喜冷凉，耐严寒，怕高温。种子在6～12℃时萌动缓慢，17～21℃为种子萌动的适宜温度，超过25℃发芽率显著降低。芽苞在5～8℃时开始萌动出土，8～16℃时，植株生长最快。在生长季，当气温超过35℃时，叶片会变黄，提早枯萎。植株进入休眠后，冬季能耐-35℃的严寒。细辛喜湿润的气候条件，人工栽培在年降水700～1 000mm的地区较为适宜。细辛虽是喜阴植物，但如果野生状态的林下温度过低、光照过弱，则生长极为缓慢。一般林下栽培时，从种到收需要6年以上时间，且植株矮小，每株仅有2～3片叶，产量很低。

生于山谷、溪边、山坡林下阴湿处。分布于东北、西北以及山东、安徽、浙江、江西、湖北、湖南等地。

带根全草入药，味辛，性温。有祛风散寒、通窍止痛、温肺化饮功能。

（二）立地条件

细辛喜温凉、湿润的环境和含腐殖质丰富的排水良好的壤土或沙壤土，所以，栽培细辛应选地势平坦的阔叶林的林缘、林间空地、山脚下溪流两岸平地，也可选择撂荒地、种过人参的参床或农田。其地块的土层要深厚，土壤要疏松、肥沃、湿润。山地的应有坡度，以利水土保持。最好是利用林间的空地，山脚排水良好的林缘或灌木丛生的荒地、平坦的老参地。采取林下育苗时，应选择地势平坦的树木稀疏的阔叶林地。

（三）栽培技术

1. 选地　人工栽培细辛应选择土质疏松肥沃、富含有机质、排水良好的黑色壤土或沙壤土为好，林下、老参地、农田地均可栽培。利用林地、林缘栽培细辛或林下育苗应把畦床上的树木砍掉，床间距适当放宽，床间树木要保留，过密的地方要适当疏整树冠。灌木丛生的荒地，床间的灌木丛也应当全部保留。这样既能节省人工遮阳的人、财、物力，又有利于水土保持。畦床应斜山走向，尽可能避开正南正北走向。选地后耕翻，翻地深度20cm左右，碎土后拣出树根、杂草、石块，然后做床。一般床宽1.2m，床高15～20cm，床面要求平整，床间距50～80cm。农田栽培细辛，可结合整地、做畦施入基肥，每亩施1 000kg优质肥。也可结合做畦施入过磷酸钙或猪圈粪，每畦细辛施入过磷酸钙1kg，猪圈粪100kg。

2. 繁殖方法

（1）种子繁殖　在6月下旬果实成熟时，可将采下的果搓去果肉随即播种。沙藏处理的种子可于7月末至8月初播种，播种最晚不能晚于8月上旬，否则温度低，影响胚根

生长，不利于翌年出苗。

①穴播　在做好的畦面上按行距10cm，株距5～10cm开穴，每穴下种5～6粒，覆土1～2cm，每亩用种量约4kg。

②条播　在整好的畦面上横向开沟，沟深2cm，行距10cm，沟幅4cm左右，将种子拌细土均匀撒入沟内。每行播种120～150粒，覆土1～2cm，每亩用种量5～6kg。

③撒播　在整好的畦面上，于中间向畦的两侧搂开表土，形成3cm深的畦槽。将种子与5～10倍的细沙混拌均匀，分2～3次撒到畦面上（种子密度以间距0.5～1cm为宜），覆土1～2cm，每亩播种量6～7kg。

（2）移栽营养繁殖

①分株繁殖　分株繁殖用于生长季的移栽，可于果实成熟后挖出根系，将根茎分开，每株保留2片叶以上，根茎长度3～4cm，须根过密过长的可疏一疏，然后按20～30cm的行距开沟栽植。每行8～10株，覆土厚度5cm左右。分株繁殖应随起随分株、随栽植，栽后一定要浇水，剪下的根须收集起来可入药。

②分根繁殖　分根繁殖用于休眠期移栽。是在早春或晚秋，根茎处于休眠状态时，挖出多年生根系，将根茎截成3cm左右的段，每段应含有2～3个新芽。根茎段要及时栽植，株行距（10～15）cm×（15～20）cm，每穴放2段，覆土5cm左右，栽时芽向上，栽后保持土壤湿润。

3. 田间管理

（1）防寒　三年生细辛苗于秋天9月中下旬移栽。挑选无病、无伤壮苗条栽。开沟深15cm，沟宽20cm左右，株距4～5cm，大中苗单栽，小苗2～3株并栽，行距20cm。栽时根部舒展，呈扇形摆开，芽头稍抬起，覆土5～6cm，稍加镇压。栽后覆盖一层落叶，保持土壤湿润不板结，又可防寒防冻。

（2）遮阳　试验证明扣膜遮阳不仅能改善棚下与棚上的小气候环境，使棚下细辛长势健壮，棚上五味子花期减轻晚霜为害，还有效避免因雨水冲涮细辛根系外露及雨水传播的病虫害。如床面干旱时，可采用作业道灌溉的方式浇水，不可直接往床面浇水。

棚架高1m左右，棚架上盖一层稀疏的帘子即可。从出苗到5月中旬，可实行全光照利于提高地温，细辛出苗早且齐，叶片厚而大；5月下旬开始，遮阳50%，俗称“花达阳”为好；从6月下旬开始，光照强度增加，温度急剧升高，此时，阴棚的遮阳度在原有50%的基础上，再增加20%，即遮阳70%（透光30%）为好；9月光强变弱，气温下降，为促进细辛后期生长，可逐渐撤掉棚架上的遮阳物，以增加光合作用，促进根部生长。如此调节遮阳条件，可显著提高细辛的产量和质量。

（3）肥水管理　以施腐熟的猪圈粪和羊、兔、鸡粪为最好，配合施用含P、K的化肥效果更佳。秋季用充分腐熟的粪肥铺入畦面，作为盖头肥。叶面施肥可于叶展平后、开花期、果期进行。生产上要在干旱时进行灌水，追肥后也应灌水，以促进细辛对养分的吸收。此外，雨季还要注意排涝，防止田间积水。每年春、夏、秋季，用作业道上的土培好畦帮，防止雨水冲刷畦帮而露出越冬芽、根茎及须根。

（4）除草　播种和移栽的细辛，每年都要进行2～4次松土除草作业。一般土壤化冻后，撤下防寒物即可进行第一次松土；出齐苗后，进行第二次松土除草；以后最好每隔

20～30d除一次草，以保持田间无杂草。除草时注意不要伤根，并结合松土往根部培土，以免根茎和芽苞裸露地上。如不为留种田，应结合除草除去花蕾，以减少养分的消耗。

（5）采种　细辛种子于6月中下旬成熟。当果实由紫红色变为粉白色，果实发软，果肉似熟马铃薯状，剥开果皮种子褐色，光滑坚硬，内无乳浆时，即可采收。果实采收后，于室内堆放2～3d，待果皮变软后搓去果肉，用清水洗出种子，晾晒一下，即可新鲜播种。

（6）病虫害防治　细辛菌核病是栽培细辛的毁灭性病害，春秋两季多发生，严重时会导致细辛全部死亡。防治方法可采用800倍代森铵与200倍10%多菌灵混合液浸苗2～4h，然后定植。

细辛虫害有地老虎、蛴螬、蝗虫、黑毛虫、蚂蚁等。黑毛虫、蝗虫咬食叶片，地老虎咬断叶柄，蛴螬咬食芽、根、叶柄，蚂蚁主要是在果实成熟破裂后搬走种子。对于蝗虫、黑毛虫、蚂蚁，可用低毒药剂喷雾于叶面和地面杀之。防治地老虎、蛴螬，可用低毒药剂灌根，也可人工捕捉或用毒饵诱杀。

（7）采收和加工　种子育苗繁殖的移栽2年后（即生长4年）采收。一般在秋季地上部枯萎后至结冻前进行，多与秋栽同时进行。方法是采完种子后，除去地上茎叶，从苗床一侧开始将块根挖出，抖掉泥土，将母根和子根分开，未完全干枯的母根可单独存放加工，完全干枯的母根不能入药。收获的子根按其大、小分等，分别干燥加工。加工前除去根顶部的残茎，拣出杂物，放在日光下晾晒，并经常翻动，防止底部块根发霉或干燥不均匀。阴雨天或采收量过大时，可以在干燥室内烘干，烘干温度在60℃以下，室内应设有排风设备。待块根完全干燥之后，置通风处自然降温后包装、出售。

（四）效益分析

由于种植细辛投入资金少，人参投入资金相对于细辛就大多了。一般情况下种植细辛的经济效益相当于种植人参的经济效益，而种植细辛管理较粗放，投资较少，刺激了农民种植细辛的积极性，今后一段时间内，细辛的生产仍将处于上升趋势。

赤杨和细辛搭配是林药间种的好形式，而辽宁省清原、新宾地区的林农，在落叶松下进行了栽种尝试，效果较好、收益颇高。

中国科学院林业土壤研究所经过多年室内和田间试验证明，人参细辛轮作不仅细辛可以获得丰产，而且细辛根的辛辣分泌物，可增加土壤团粒结构，对老参地土壤中残留的有害于人参的微生物有拮抗作用和杀灭减少作用，使土壤肥力明显提高。因此，人参细辛轮作是一种生产的好办法。

五味子与细辛人工栽培要求环境条件基本相似，在同一块地栽培，既满足了五味子加大间距栽培对光照、通风透光的要求，又提高了细辛遮阳的辅助作用，同时还增加了产品市场波动的风险抗拒能力。

也有很多农民在庭院内用细辛和玉米进行间作，或细辛和大豆进行间作。玉米属高秆作物，大豆植株也比细辛高，玉米、大豆对细辛能起到遮阳作用。间作使细辛丰产，大豆、玉米也不减产。

二、何首乌 *Polygonum multiflorum* Thunb.

（一）形态和生活习性

别名首乌等，是蓼科何首乌属多年生缠绕草本植物。茎缠绕，具纵棱，无毛，微粗糙，下部木质化。叶卵形或长卵形。花序圆锥状，顶生或腋生，苞片三角状卵形，具小突起。瘦果卵形，黑褐色，有光泽，包于宿存花被内。花期8～10月，果期9～11月。

野生常见于海拔200～3 000m的山谷灌木丛、丘陵、坡地等向阳或半荫蔽处。分布于河北、河南、陕西和甘肃南部以及长江以南各地。

地上茎及地下粗壮块根均可入药。块状根味苦、甘、涩，温和。生首乌功能解毒、润肠通便、消痈；制首乌功能补益精血、乌须发、强筋骨、补肝肾。

（二）立地条件

喜温暖气候和阴湿环境，忌干旱，怕涝。所以选择排水良好、疏松的沙质土壤地带。林地、山坡、农田及房前屋后都可种植，其中，由于林地具有大量阳光、热量、水分、养料及树间土壤等剩余资源，因而发展林下何首乌，可以地尽其利，光、气、水、肥等也可尽其用，不与粮棉油果蔬等作物争地，而能收获大量珍贵产品，还能促进林木生长，一举多得。

（三）栽培技术

1. 繁殖方法 扦插或种子繁殖均可，以扦插为主。当年及以后每年可采地上茎作“夜交藤”出售，2～3年后才挖地下块根作“何首乌”出售。

（1）扦插繁殖 选择生长旺盛、健壮、无病虫害的茎藤，剪成18～20cm长的插条。每根插条最少有2个芽。按行距33cm、株距27cm、深18cm挖穴，每穴插3～4根插条，切忌不可倒插，插条上端应留一芽露出地面。

（2）种子繁殖 8～10月果实成熟后采收，晒干储藏于低温处，采收种子进行直播和育苗移栽。

①直播 3月上旬至4月上旬，按扦插开穴密度开穴，每穴播种8～10粒，每亩用种量为0.5～0.8kg。播种后施土杂肥或堆肥，每穴一把，覆盖细土少许，轻轻镇压，上盖稻草保湿。大约20d即可发芽出土，出苗后每穴留壮苗2～3株。

②育苗移栽 播种时，在畦上按沟距27cm开浅横沟，把种子均匀播种于沟内，播种后覆盖土杂肥或堆肥，然后覆土少许。出苗后除草、追肥，到翌年早春末萌动前，即可按扦插密度进行移栽。

③压藤繁殖 6～7月植株生长旺盛时，选健壮、无病虫害的老株茎藤，埋在土中，以3～4cm深为好，稍加压紧。在生根发芽后，进行除草、追肥等管理，至翌年春末萌发前，便可将苗挖起，分成单株，按扦插密度，进行移栽，每穴栽苗2～3株，栽后压紧。施清淡人畜粪水，再松土与地面平。

2. 田间管理

（1）除草　旱季应注意除草。

（2）肥水管理　何首乌田块需要经常保持田间湿润，雨季应注意排水。从扦插或移栽后的翌年起，每年于早春和冬季应进行两次施肥，一般沟施于行间，以土杂肥、堆肥或人畜粪水为好，每亩施用量为1 000～1 500kg。

（3）病虫害防治　常发生的病害有叶斑病、根腐病和锈病等。叶斑病夏季发生，为害叶片，可于发病初期喷波尔多液，每隔7～10d喷1次，连续2～3次；根腐病为害根部，发病时用50%多菌灵可湿性粉剂500倍液灌根部；锈病为害叶片，可用75%的百菌清1 000倍液或75%的甲基托布津800～1 000倍液喷洒。虫害以蚜虫为主，可用40%相关乳油1 000～1 500倍液加少量洗衣粉喷杀，每隔半个月喷1次。

（4）采收加工　一般种植3年便可以采收。有研究认为，何首乌以在种植5年收获增产幅度大，比栽3年收获增产25.65%，比栽4年收获增产10.29%。每年秋冬季叶片脱落或春末萌芽前采收为宜。先把支架拔除，割除藤蔓，再把块根挖起。去掉藤茎，削平块根两端，洗净，晒干或用文火缓缓烘干。个大的可对半剖开。一般亩产干品150～300kg不等。

（四）效益分析

在荒山、荒坡、林间、果林间作何首乌，不但实现了生态保护效益，而且促进了农民经济效益短期增收，既能充分利用土地，又使林药之间互借优势、相互助长。何首乌为草质藤木缠绕植物，树林为其提供了天然架材和半阴湿润环境。同时树借药管理，在何首乌浇水、施肥、植保中，树也得到了有效管理。因此荒山、林地间作何首乌可谓一举两得。

根据贵州施秉县何首乌种植基地调查统计显示：三年生何首乌每亩产不同规格的鲜首乌1 670kg，可加工不同规格的干首乌500kg左右，切片后按各规格平均15元/kg计算，3年每亩收益应是7 500元，平均每年每亩收益2 500元。

三、北五味子 *Schisandra chinensis*（Turcz.）Baill.

（一）形态和生活习性

北五味子又叫面藤、山花椒，属木兰科五味子属多年生落叶木质藤本植物。缠绕性藤本，茎柔软坚韧，右旋缠绕于其他乔灌木上生长，在森林内属层间植物。根系发达，主根不明显，有密集须根。还有大量的匐匍茎分布于土壤浅层。五味子老藤皮暗褐色，幼茎紫红色或淡黄色，密布圆形凸出的皮孔。单叶互生，倒卵形或椭圆形，先端锐尖，基部楔形，叶缘有具腺点的疏细齿。叶面绿色，有光泽，叶背淡绿色。花单性，雌雄异株，单生或簇生于叶腋，花梗细长而柔弱。花被6～9片，乳白色或粉红色。雄花有5枚雄蕊，花药无柄；雌花的雌蕊群椭圆形，有17～40个离生心皮，覆瓦状排列在花托上。开花后期，花托逐渐延长，果实成熟时成穗状聚合浆果。浆果肉质，紫红色。种子肾形，淡橙色，有光泽。花期5～6月，果期8～9月。

生于阳坡杂木林中，缠绕在其他植物上。因产地区域不同，分为北五味子和南五味

子。北五味子主要产于东北、河北和内蒙古等地区。特别是长白山林区野生的五味子，具有油性足、紫红色、肉厚气味浓的特点，质量优于南五味子。

北五味子是东北地区特别是长白山区经济价值很高的野生果树，果实可入药，也可酿造酒与果汁饮料。对人体具有益气、滋肾、涩精、生津、止渴、安神等功效。早春季节，其嫩芽又是美味的山野菜。因此，北五味子在长白山区是一种多功能、多用途的野生经济植物，开发利用价值很高。

（二）立地条件

北五味子适宜种植于酸性土壤中，在无霜期115d以上、≥10℃年积温2 300℃以上地区均可种植。要求种植园土壤渗透性强、排水良好，地下水位偏低的平地、背阴坡地或农村庭院栽培。

育苗地土壤宜为肥沃的腐殖质土或沙质壤土，老参地是比较理想的育苗用地。育苗地要地势平坦，浇灌方便，排水良好。育苗地应深耕细耙，耕深25～30cm。结合整地施基肥，每公顷施有机肥1.0万～1.5万kg。

（三）栽培技术

1. 选地　五味子喜阴凉、潮温的生活环境，且耐阴，适宜遮阴度为20%左右，第一年幼苗期忌光照射，林下为其提供了适宜的生长环境。五味子可充分利用林场新造林地、荒土地、退耕还林土地、果园地等树木果林为其天然架材，发展五味子林地间作人工种植。

2. 繁殖方法

（1）种子繁殖　7月下旬以后，可到栽培园或野外调查选种，选择穗长8cm以上、平均粒重0.5g以上、果实着色早的结果树作为采种树，8月末至9月中旬采收果实。采收后及时搓去果肉，漂去瘪粒，放阴凉处晾干。也可在种子处理前用水浸泡数日后搓除果肉，漂去瘪粒。12月下旬，将准备处理的种子用水浸泡5～7d，使其充分吸水，每隔2d换1次水，在换水时可清除一部分瘪粒。浸泡后，捞出控至种子表面无水时与相当于种子2～3倍重量的洁净细河沙混匀，湿度保持在用手握能成团而不滴水即可，将其装入木箱或花盆中，放入室外预先准备好的深为50cm左右的坑窖中，其上覆盖10～15cm的细土，再盖上柴草或草帘子进行低温处理。翌年5～6月份即可裂口播种。处理场地要选择高燥地点，以免水浸烂种。

（2）播种育苗　可实行春播（5～6月份），播种经过处理的种子；也可实行秋播，播种当年采收而未经过处理的种子。秋播应在结冰前结束。播种前做宽120cm、高15cm的育苗畦，长度依地势而定。畦土要耙细、清除杂质，搂平即可播种。多采用横畦条播，按行距10～15cm开沟，沟深3cm左右，将种子均匀撒入沟内，覆1.5～3.0cm厚的细土。每平方米播种量控制在30g左右。播后轻微镇压，整平畦面，贴好畦帮，包好畦头，浇透水，在畦面上覆盖1层稻草或草帘保湿。当出苗达50%～70%时，撤掉覆盖物，并随即搭设简易遮阳棚，棚高为100～150cm，其上用草帘或苇帘等遮阳。土壤干旱时，要浇水，使土壤湿度保持在30%～40%。当小苗长出4～5片真叶时，可撤掉遮阴帘，同时进行除

草、松土、间苗和第一次追肥。为培育大苗和壮苗，定植株距应保持7～10cm。

3. 田间管理

（1）清林　栽培北五味子需要进行清林。方法是隔2m清2m，清除空带内的榛柴和各种灌木，在空带内栽苗，中间留人行道，以便管理和收获。

（2）肥水管理　北五味子喜水喜肥，生长期需要供应充足的水肥营养。成活后要经常灌水，保持土壤湿润。结冻前灌1次水，以利于越冬。每年追肥2次，第一次在展叶前进行，第二次开花后进行，每次每公顷追施复合肥50kg、硫酸钾150kg、磷酸二铵200kg。追施方法是距离根部30cm周围开深15～20cm的环形沟，施入肥料后覆土。同时，每年秋进行秋季施肥，每公顷约施优质厩肥5万kg。此次施肥，可在株行两侧距植株30cm左右处开深15～20cm的沟施入，施后覆土。

（3）搭架　栽植后翌年搭架，也可当年搭架。架材用长2.6m、小头直径为8～12cm的硬杂木杆，也可用水泥柱。在株行间每10m埋一根立柱，每公顷约需立1 024根。立柱埋好后，用10号镀锌铁丝在立柱间距地面50cm处拉第一道横线，用铁丝缠绑在立柱上，铁丝要拉直拉紧。再往上每隔50cm拉一道铁丝，可拉3～4道，每公顷约需10号镀锌铁丝1.3t。然后在每株北五味子基部立一竹竿，竹竿的直径为1.0～1.5cm、长220～240cm，每公顷需竹竿1万根左右。竹竿用绳绑固定在横线上，然后按右旋引蔓上架，开始时用绳绑，之后即自然缠绕上架。

（4）松土除草　北五味子生育期间要及时松土、除草，保持土壤疏松无杂草。松土时，要避免碰伤根系，在北五味子基部做好树盘，以便于灌水。

（5）病虫害及防治　根腐病于5月上旬发病，用50%多菌灵可湿性粉剂500～1 000倍液浇根。及时排除积水，并挖出病死植株烧毁，换上新土，补栽新株；防治白粉病用0.3～0.5波美度石硫合剂或粉锈宁、甲基托布津可湿粉剂800倍液；黑斑病用代森锰锌50%可湿性粉剂500～600倍液防治。虫害主要是卷叶虫，幼虫卷叶为害，啃食叶肉。成虫产卵期喷灭幼脲3号或Bt乳剂进行防治。

（6）采收与加工　三年生北五味子才开始结果，应于8月下旬至10月上旬果实已经红熟时进行采收，做到随熟随采。采摘时要轻拿轻放，以保持商品质量。加工方法有日晒和烘干两种。烘干时，开始室温在60℃左右，当北五味子达到半干时将温度降到40～50℃，达到八成干时挪到室外日晒至全干，搓去果柄，得到黑粒即可入库贮藏或出售。

（四）效益分析

近年来随着五味子的广泛开发和利用，尤其是在保健食品领域的新开发，使五味子的年需量大幅增长。20世纪90年代，南北五味子的年总需量为2 000～2 500t。价格在25～35元/kg。2000年以后，国内年需量增加到3 500～3 800t左右，价格攀升到50～60元/kg。

去除林木、林果经济效益不计，仅五味子亩效益就十分可观。如用三年生的五味子实生苗移栽，翌年便可初结果，第3～4年进入盛果期。一般亩产干果170～230kg，按产新后50元/kg计算，亩效益应在6 500～11 500元之间。这比起种粮种棉效益都要高很多。因此，在林地间作五味子是实现生态保护效益和经济效益的双赢途径。

四、刺五加 *Acanthopanax senticosus*（Rupr. et Maxim.） Harms

（一）形态和生活习性

别名南五加皮、五谷皮、红五加皮、五加皮、刺拐棒、一百针、老虎潦。五加科五加属多年生灌木植物，药食兼用植物。落叶灌木，茎密生细长倒刺。掌状复叶互生，边缘具尖锐重锯齿或锯齿。伞形花序顶生，单一或 2～4 个聚生，花多而密。花单性或杂性。花萼与子房重合。花萼有 5 齿。花冠 5 瓣，卵形，早落。雄花淡紫色，雌花淡黄色。雄蕊 5 枚。雌蕊 5 室。浆果状核果近球形或卵形，干后具 5 棱，有宿存花柱。花期 6～7 月，果期 7～9 月。

原主产于黑龙江省山区，生于海拔 200～1 600m 的灌木丛林、林缘、山坡路地和村落中，药圃常有栽培。主产于东北地区及河北、北京、山西、河南等地。

以根和根状茎入药，味辛、苦、微甘，性温。可治风寒湿痹、腰膝疼痛、筋骨痿软、行动迟缓、体虚羸弱、跌打损伤、骨折、水肿等，刺五加自古即被视为具有添精补髓及抗衰老作用的良药。商品名为五加参。

（二）立地条件

刺五加适宜生长在土壤较为湿润、腐殖质层深厚、微酸性的杂木林下及林缘，种植在排水良好、疏松、肥沃的夹沙土壤中最好。对气候要求不严，喜温暖，也能耐寒；喜阳光，又能耐轻微荫蔽，但以夏季温暖湿润多雨、冬季严寒的大陆兼海洋性气候最佳。

（三）栽培技术

人工栽植模式有中成林林缘纯林方式、天然林林下（郁闭度 0.6 以下）栽植方式、人工林幼林林下栽植方式、人工造林间作方式。主要是选阴坡山下土层深厚的落叶松、红松、黄波罗、水曲柳幼林地或采伐迹地、退耕地间作。

1. 繁殖方法 可用种子、扦插及分株繁殖。

（1）种子繁殖 9～10 月采收成熟果实，浸泡 1～2d，搓去果皮，混拌 2 倍湿沙，在 20℃左右温度下催芽，每隔 7～10d 翻动 1 次，约 3 个月。待种子有 50% 左右裂口时，放在 2℃以下低温处贮藏，于翌年 4 月中旬，按 8cm×8cm 等距播种，每穴 2～3 颗种子，覆土 2cm 左右，盖 3～5cm 厚树叶。5 月出苗，除去覆盖物，浇水保持湿润，生长 2 年后移栽。

（2）扦插繁殖 在 6 月中下旬剪取半木质化嫩枝，留一片掌状复叶或将叶片剪去一半，将插条在吲哚丁酸溶液中蘸一下，促进生根。插床上覆盖薄膜或拾帘遮阳，每日浇水 1～2 次，约 20d 生根，去掉薄膜，生长 1 年后移栽，按行株距 2m×2m 挖穴定植。

（3）分株繁殖 早春将分蘖株剪下，挖穴定植。

2. 田间管理

（1）选地和整地 刺五加对土壤要求不严，但以土层深厚、肥沃、腐殖质含量高、微酸性的冲积土或沙质土为好。有条件时，苗床土可以森林腐殖土为客土，以利播种或扦

插。移植地块可选山地的中坡、下坡、沟边或结合林业生产，在人工造林地栽植，既不影响人工造林，又可增加刺五加药材产量，达到林药双丰收。

播种床选平坦地块做畦。畦宽1m，长10m左右，高15～20cm。底肥以优质农家肥为好，中等肥力的壤土每平方米施5～10kg。肥要拌均，畦面要整平。

（2）繁殖材料处理　9月中下旬采集刺五加果实，采后立即水浸，搓掉果肉，水漂掉空、半种子。野生的刺五加种子成熟度很不一致，因此，水漂工作很重要。用水清洗后混合河沙2～3倍，含水量保持在10%左右，放置室温20～23℃条件下处理60d左右，再置于室温15～18℃条件下30～40d，在沙藏过程中每7d倒种一次，即用筛子将种子筛出，日晒半小时左右，往沙子上浇些水，重新放入箱子中，继续处理，当种子胚长度达到胚乳2/3长度，再置于0～5℃条件下30～40d。秋季收获的种子，计划翌年春季播种，必须作室内发籽。室内发籽一定要控制好温度和湿度，同时要勤倒籽，尤其是开始和结束阶段。若计划翌年秋季播种，则可在室外发籽，不必再进行0～5℃的低温处理。

春插采条在一年生枝条未萌动前或冬季采回，放冷窖中埋湿沙贮藏。夏插条在6月中旬选当年嫩枝半木质化的枝条。插穗长度要根据节间确定，每穗最少有2个芽，最多3个芽，插面剪成马蹄形，上口为平面，上下剪口均要靠近叶芽。夏插条上保留1～2个小叶片。插穗上不要留花芽。

（3）播种与扦插　如进行种子繁殖，可将处理好的种子按5cm×5cm的密度点播，或按7cm×7cm的穴距穴播，每穴播2～3粒种子。采用宽幅条播的，幅宽为5cm，幅间距离为5cm左右，一般每平方米有600～800粒种子。覆土2～3cm，床面覆盖一层碎稻草，5月中下旬即可出苗。

（4）苗床管理　不论是播种床还是扦插床，都要有遮阳帘。遮阳帘要有30%的透光度，荫棚的架设可根据当地条件而定，但插床的架设应适当高一些，春播地也可以外加一层薄膜保温、保湿，5月末可以撤掉。为促进小苗生长，要经常拔草、浇水，保证生育期间床面无草，土壤湿润，气温高于30℃以上要浇水降温。

（5）定植与管理　用种子和扦插繁殖的刺五加苗，二年生的即可出圃。早春和晚秋均可移栽定植。在纯刺五加林可按1m×1m或0.8m×1m定植，间作林可视情而定。可挖直径40～50cm的坑穴，按植树方法栽植，栽后一定要浇透水，栽植后1～2年应除草2～3次。定植后不必遮阳，有病害发生时要及时喷药防治。

（6）病虫害防治　人参黑斑病等人参病菌也可以寄生于刺五加。因此，要注意防病。5月份以后，应每隔10～15d喷药一次，可用多抗霉素或500倍液的多菌灵喷洒叶面。

（7）采收加工　在管理良好的条件下，八年生至十年生的刺五加根茎即可作货。可在8～9月挖出地下茎和根，抖掉泥土或稍加水冲洗，割掉茎，晒干即可。也可以挖前割掉地上茎。割时要防止茎刺刺手。对根茎皮入药的，挖出后用利刀顺茎剖开，扒下根茎皮，晒干。刺五加的叶全年均可采集，但要选叶片长成的，不要采摘幼嫩的叶片，采后将叶晒干即可。

（四）效益分析

1. 种子育苗的经济效益　每亩用种10.5kg，种子投资3 150元；租地费用300元/年；

人工费1 200元/年；肥料款第一年500元，第二年300元；遮阳材料投资两年400元，水费300元/年；其他费用两年合计1 000元，两年出圃总投资合计10 150元。按亩产苗量50 000株，0.5元/株，总收入25 000元计，可获利15 650元。

2. 刺五加与落叶松间作 落叶松栽植株数1 650株/hm^2，株行距2m×3m，刺五加栽植3 330株/hm^2（株行距1m×3m），成本3 945~4 110元（其中，苗木成本1 800~2 160元，其他费用1 950元）。落叶松按20年主伐、更新，产木材150m^3，每公顷收益10.5万元，平均每年收益5 250元。刺五加5年后每公顷产嫩芽1 950~3 900kg，3元/kg，每公顷年收益5 850~11 700元，刺五加受益期按树木30年计算，平均每年获益4 875~9 750元。

五、人参 *Panax ginseng* C. A. Meyer

（一）形态和生活习性

人参又名棒槌、山参、圆参等，属五加科人参属，多年生宿根草本植物。通常3年开花，5~6年结果。主根肉质，圆柱形或纺锤形，须根细长。根状茎（芦头）短，上有茎痕（芦碗）和芽苞。茎单生，直立，先端渐尖，边缘有细尖锯齿，上面沿中脉疏被刚毛。叶为有3~5片小叶的掌状复叶，生茎顶，依年龄而异。复叶柄较长，小叶柄明显。一年生植株芽顶只有1片具3小叶的复叶；二年生茎有1枚具5小叶的复叶；三年生具2个对生5小叶的复叶；四年生增至3个轮生复叶；五年生增至4个轮生复叶；六年生茎顶有5个轮生复叶；年限再长的最多有7个复叶；复叶中部的1片小叶最大，卵形或椭圆形，基部楔形，先端渐尖，边缘有细尖锯齿，上面沿中脉疏被刚毛。伞形花序顶生，总花梗较长，每花序有4~40朵小花。小花有梗，苞片小，条状披针形。花萼钟形，具5齿，绿色，与子房愈合；花冠5瓣，卵形，全缘，淡黄绿色；雄蕊5枚，花丝短，花药球形；雌蕊子房下位，2室，花柱1，柱头2裂。浆果状核果，扁球形或肾形，成熟时鲜红色。每果内有种子2粒，扁圆形，黄白色。花期6~7月，果期7~9月。

主要分布在北纬40°~45°地区。这些地区1月平均温−23~5℃，7月平均温20~26℃。耐寒性强，可耐−40℃低温。适宜生长的条件为温度15~25℃，年积温2 000~3 000℃，无霜期125~150d，积雪20~44cm，年降水量500~1 000mm。土壤以排水良好、疏松、肥沃、腐殖质层深厚的棕色森林土或山地灰化棕色森林土为宜，pH值5.5~6.2。多生于深山阴湿林下。以红松为主的针阔混交林或落叶阔叶林下多见，所谓“三椏五叶，背阳向阴，欲来求我，椴树相寻”，郁闭度0.5~0.8。

人参为阴生植物，喜凉爽温和的气候，耐寒，怕强光直射，忌高温多雨，怕干热风。适宜人参生长的温度为20~28℃，地温5℃，芽孢开始萌动，10℃左右开始出苗。种子寿命2~3年。人参喜阴凉且温度变幅不大的森林环境。野山参在林阴下生长，其质量好，品位高，通常以郁闭度0.5~0.6最适宜。人参对土壤要求很高，生长好坏，产量高低，质量优劣，决定于土壤理化性质及水分状况。良好的生长条件是腐殖质含量达7%~16%，土壤水分保持适度。

人参属为第三纪幸存下来的极其珍贵的古老植物。分布于北美洲、中亚及东亚。亚洲

东部，野生人参分布于中国东北三省的红松阔叶林区，以长白山系为主产地。五加科人参属植物在世界有 5 种，中国 3 种。人参一直是国家药典所载药用植物。由于根部肥大，形若纺锤，常有分叉，全貌颇似人的头、手、足和四肢，故而称为人参。古代人参的雅称为黄精、地精、神草。人参被人们称为“百草之王”，是闻名遐迩的“东北三宝”之一，是驰名中外、老幼皆知的名贵药材。除野生人参（山参）外，栽培人参（园参）已有众多的品种类型。如吉参 1 号，吉林黄果参的选育曾获国家科技进步奖。近来，集美人参、福星 1 号等新品种也相继育成。

以干燥的根和根茎入药。味甘、微苦，性微温。有大补元气、复脉固脱、补脾益肺、生津、安神功能。

（二）立地条件

人参生长的温、湿条件至为重要，只要生长季中两项因子接近，栽培可获得成功。吉林省长白县属温带大陆性气候，具有一定的海洋性气候湿润的特点。这种独特的地理环境和气候特点造成了昼夜温差大，光照时间长，紫外线通透度大等现象，利于人参的干物质积累和蛋白质合成。大部分地方的植被分布呈针叶、阔叶混交林，在参地还林时所选用的树种多为落叶松、樟子松、水曲柳、红松、红皮云杉和紫椴等 12 种。用这些树种进行合理混交，能适应当地的自然条件，使其迅速生长成林。

（三）栽培技术

人工栽参需要毁林栽参，从而产生以人参生产为代表的高经济效益与以育林为代表的高生态效益之间的矛盾。因此，建立高效益、多功能经营林，对林、参两业实行集约化经营，创建林—参人工系统势在必行。

1. 选地　栽培人参的地方，一般选择在缓坡、气候湿润、土壤腐殖质含量高、排水良好、渗透力强、土壤疏松肥沃的土壤。需要全面细致地整地，在种参时除了施底肥，还要追肥。处于交通方便的地方，利于集约经营。

2. 繁殖方法

（1）种子繁殖

①播种方式　播种方式有两种。一种是在选好的林地，春、秋播干籽或夏季播鲜籽；另一种方式是在春、秋两季播已经过催芽的籽。经过出芽处理的种子较干籽可提早一年出苗。

②播种方法　播种有 3 种方法。一是在林内用镐开 6 ~ 8cm 长的条穴，每穴播种子 2 粒，穴距 20cm。

另一种是穴距 100cm，每穴 5 粒种子，种子之间要保持一定距离。穴开的不要过大，穴周围的树须根、草根、草皮都不要破坏。在穴内掺活黄土 60%，穴深 8cm，播籽深度 3cm。为了让人参出苗后，横长身型，形成“灵体”状，许多地方采用播籽前把穴内土整理均匀、整平，然后开槽 3cm，在种子下面铺上薄石片，石片以 5 分硬币大小为宜，没有石片的地方也可用纯黄土捏成的小片放在种子下面，然后覆盖上拌好的暄土，覆盖土要高于地表，防止播种穴土沉实后形成洼地，以免积水烂参，然后再覆盖 3 ~ 4cm 厚的树叶。

为了培植“横灵体”状，参籽播种前要进行催芽断根。在播种的前一天，将出芽的参籽，放在室内（常温）1d，出根芽的参籽要把芽尖断掉，使之长出理想的参形。

第三种播籽的方法是不做穴，用长20cm，粗1cm的木棒，一头削成尖状，在选好的林地内，确定播籽的地块拉上线，使播籽后成行，然后用手扒开枯落叶层，用木棒扎眼，深4～5cm，间隔20cm，每个孔眼放一粒催芽断根尖筛选后的种子，然后把孔眼盖实，把枯枝落叶覆回原处，这样的方法简单容易，既不破坏土层，又能避免人参生长过速和形体不佳，很适合于大面积林下播种。

（2）移栽营养繁殖　从二年生或三年生园参小苗再挑选圆膀长芦类型人参，类似横灵体，支根“八”字形，须根清晰的参苗，移栽到林下，经过7～10年后可形成类似山参形态的人参。在商品分类中称为充山参，其商品价值高于园参数倍。

① 移栽时间　在10月中旬或春季立夏之前较适宜。但春季移栽时间短，出苗率高，要在秋季就把参苗选好，集中密爬在林地，要掌握住参苗芽苞萌动季节进行移栽。

② 移栽方法　爬参苗移栽要开圆形穴，穴的直径10～12cm，主要根据参苗须根的长短而定。穴的深度要达到10cm，拌上活黄土摊平穴面。移栽前把穴土开6cm深小沟，放一块能衬托人参苗主体的薄石片或纯黄土土饼，然后把参苗放在上面，把参的形态摆好再覆盖一层活黄土，然后把拌匀的黑黄土（黑黄土比例4∶6）覆盖上，要高于原地面5cm，防止穴土沉实后形成小坑，积水烂参。覆盖完土以后，再覆盖上5～6cm厚的树叶，既保水又防寒，不用松土也不用上土，自然落叶即可使参苗拔芦防寒。有条件的可以摘掉花蕾，助长参根增重。一般5年后，每株可达30～40g，重者可达50g以上。

3. 田间管理　将人参按野山参的生育条件选地，进行穴播或穴栽（或堆栽）于适宜的林冠郁闭下或林间隙地。此种培育人参的方法，称为“秧密”。人参产品，类似山参，称为“充山参”，价值较高。近年来，又进一步在林内做床栽培，用高畦或平畦，也有利用堆栽和穴栽。栽后复盖落叶以保持土壤温度、湿度，防止床土板结，减少病虫害，以高畦和堆栽的人参品质较好。

林参间作有两种类型，一是林参间作，二是林下种参。

（1）林参间种

①整地做床　清理迹地，精耕细作，全面整地。做床，床面宽1.3m，床高0.3m，步道宽1.3m，并在步道中间培起植树台，宽0.67m，高0.2m，台两边设排水沟，沟宽各0.3m。

②树种选择　针叶树树种应以红松、红皮云杉和樟子松等为主，阔叶树以椴木、黄波罗以及胡桃等为主。

③林木栽培　壮苗造林栽植时间一般秋季栽种人参，翌年4～5月植树苗。栽植密度为针叶树株距为1.0m，阔叶树株距为1.3m。

④人参的种植与管理　人参种子7月中旬至8月中旬成熟。采收鲜红色果实置于筛内搓去果肉，洗净去杂质。播前浸种24h，播种时间为7～8月，等距点播，株行距5m×5m，播后覆细土约3cm。应在播种前搭棚，一般荫棚的高度为前檐1～1.3m，后檐0.6～1m，前后檐高差0.3m左有。棚顶材料可用草帘、高粱秆等。3年后，将人参挖出移栽，移栽时间从秋天到土壤解冻前都可进行。移栽株行距20～25cm，栽后覆土5～6cm，再盖

一层稻草。勤松土除草，每年松3~4次，松土要浅。适时浇水、施肥。人参主要的病虫害有立枯病、斑叶病、地老虎、蛴螬等。立枯病可用抗枯宁防治，波尔多液可以防治斑叶病，甲基托布津可防治地下害虫。

⑤ 收获　一般种植6年就可收获。收获季节为9~10月，起参时不要伤根，起参后剪一下茎叶，送至人参加工厂加工。

（2）林下种参

①林地选择　根据人参的生物学特性，在林地内应选择椴树林、桦树林、柞树林等作为人参栽培地。坡向以东向、东南向、东北向为好。土壤以腐殖质层厚、排水良好的森林土为好。

②整地　清除杂草灌木。翻耕土地，去除树根、草根，晾晒。刨土以增加土壤通透性，然后进一步精细平整土地。

③做床　参床规格为，床宽1.2~1.3m，高30cm左右，长度随地形而定。作业步道宽1.2~2.5m，其他经营技术同前所述。

（3）合理追肥　人参的生长对土壤养分的消耗较大，在对人参施肥的过程中要兼顾两侧树木的营养情况，尽量达到土壤养分的平衡。在施肥过程中，注意施肥点与树根要有一定距离。

（4）病虫害防治　防治人参斑点病，叶片发病用多菌灵、百菌清对水喷雾。地下害虫需药饵。地上害虫主要有蟒象，鳞翅目夜蛾科幼虫。在林下培育半野生人参，最好不施农药防治病虫害，以免参体受到污染，降低质量。发现病株及时清出林外，加以销毁。遇虫害发生时，尽量采用捕捉措施，消灭害虫。山老鼠对野播人参为害比较大，要严加防范。防范方法以人工捕捉为主，捕捉山鼠的经验是3~5时，按其拱的印从没有土包的一端用脚踩平，到有包的地方一下就可捕捉住。

（5）采收加工　根据不同情况，到年出货，可在9月末起收。可采取一次性采挖和按规格多次采挖两种办法采收林冠下人参。一次性采挖收获期集中，便于作业和大批量销售，但缺点是生产的人参规格不一，有些过小的人参也被同时采挖出来，造成浪费。多次采挖是将达到一定规格的林冠下人参进行采挖，对未达到规格的继续培养，待达到规格后再行采挖。其最大优点是由于保留了幼参和自然下种参苗，使林冠下始终有参可采，实现一次播种多次采收连续受益的目的。鲜参可直接上市或鲜参贮存反季上市，也可加工礼品参上市。加工礼品参首先将参放入清水冲洗，将泥冲洗净，顺须反复冲洗，注意不要弄掉芦头、须根、珍珠疙瘩，不能刷破皮，选择参纹浅、皮嫩浆足、脖长圆膀的横灵体，加工整形对称美观，烘干做礼品参出售。

（四）效益分析

人参不能连茬的缺点，造成历史上的大面积毁林种参。为克服这一状况所带来的各种后患，实行参后还林，即在皆伐迹地低价次生林改造或将要更新的林地上，按种参技术规格实现人参栽培。3年后起参，在作业步道和人参生长后的地面上栽上一行针叶树和两行阔叶树，建成速生、高产、优质的混交林。林下同时栽植可能混作的药用植物，形成立体的高功能结构。

在林下培育半野生人参，不搭棚，不施肥和农药，所以成本较低。而且由于不砍光林木、不破坏植被，能够避免地表径流，防止水土流失，保持良好的生态环境，又能取得较大经济效益。8～12 年生林冠下可产鲜参 60～105kg/hm^2，鲜参价格为 1.6 万～2.4 万元/kg，计算可创产值 96 万～252 万元/hm^2。

六、西洋参 *Panax quinquefolium* L.

（一）形态和生活习性

中国的西洋参是从北美洲引入的一个五加科人参属多年生宿根草本植物。别名花参、洋参、美国人参等。两年生西洋参以 2 枚复叶为主。三年生植株 90% 左右为 3 枚复叶。四年生也以 3 枚复叶为主，但 4 枚复叶也较多，出现少数双茎参。五年生以 4 枚复叶为主，占 65% 以上，个别植株具有 5 枚复叶，双茎植株比 4 年生者略多。各年生掌状复叶并不一定都由 5 小叶组成。西洋参每年只长一次茎叶，展叶后茎叶就不再生长，也无新叶产生。小花多数。萼片绿色，钟状，先端 5 齿裂；花冠 5 瓣，绿白色；雄蕊 5 枚，花药卵形至矩圆形；雌蕊 1 子房，花柱 2 条，上部分离成叉状。浆果，扁圆形，成对状，熟时鲜红色，果柄伸长。花期 7 月，果期 9 月。

由于西洋参原产地气候湿润，所以，西洋参比人参耐湿，西洋参根的抗寒性和抗病性都比人参差。西洋参也有越冬芽休眠的习性。西洋参一年生苗为 1 枚三出复叶，苗高可达 4～6cm，直至秋季自然枯萎。幼苗出土 15d 前后，形成白色肉质根，无分支。7 月初（吉林）在根部顶端茎基部附近开始形成白色“鹰嘴状”越冬芽。叶面积小，光合作用强度低。

西洋参是一种名贵药材，它与中国人参药性与功能不同，不能相互替代。以干燥的根入药，味甘、微苦，性凉，有补肺阴、清火、养胃生津功能。中国吉林、山东、北京、陕西、云南等地均有栽培。在人工种植中，西洋参有近 10 种农家类型。如短枝型洋参、长枝型洋参等类型。

（二）立地条件

西洋参生长期间需要光照但忌强光直射。需要水分但水分过大导致腐烂和冻害。需要温度但惧怕高温，一般 18～24℃ 的温度和 80% 的空气湿度最适合其生长，故西洋参的地域选择性很强。

西洋参对土壤要求较严格，适合生长于土质疏松、土层深厚、肥沃、富含腐殖质的森林棕色土或通透性强的沙质土，pH 值在 6.3 以下。

西洋参间作森林以针阔叶混交次生林为主，适宜中国东部山区生长。针叶树种以红松、云杉、冷杉居多，阔叶林种以水曲柳、胡桃楸、白桦、椴树、柞树为主。植被多为蕨类，羊胡草。

（三）栽培技术

1. 选地和整地 西洋参林下栽培，选地是个重要环节。在长白山区可以选取 5°～15°

的阴坡、半阴坡地，最好是以生长红松为主的针阔叶混交林和阔叶林，林下伴生有榛柴、胡枝子、刺五加等灌木和蒿草、野豌豆等草类共同构成的双层遮阳，郁闭度最好在0.6～0.8。林内土壤底土为黄黏土，中层为活黄土，表层为腐殖土，还有4cm以上的枯枝落叶层。林地土壤常年保持湿润和排水良好。

选好地后，荒地先要烧后铲起表土堆起。农田地，先在上面盖草和乱树枝、根等草植物之后燃烧，堆土备做畦用。如果条件允许，堆土可经一冬、一夏，冻晒腐熟，忌现整现用。播地翻耕深度20cm左右，不宜太深，使土壤风化腐熟，使枯枝落叶充分腐熟。休闲1年后，再翻耕一次，筛除石块等杂物，按每平方米土壤拌以50%多菌灵0.08kg、腐熟厩肥2～3kg、骨粉1kg或过磷酸钙2kg，施入土中作基肥。然后，浅耕一次，整平耙细，作业道宽80～100cm，以利排水、空气流通和接受散射光。地整好后做畦，宽120～150cm，长根据具体情况而定。畦高25cm，床南北走向，土壤消毒。用80%代森锌每平方米0.01～0.02g，或50%托布津每平方米0.01～0.03kg，或用40%霉疫净每平方米0.01～0.03kg，消毒效果均较好。

2. 繁殖方法

（1）种子繁殖

①穴播　挖取宽40cm、深30cm的正方形坑，疏松土壤，拣净树根。每穴播4～6粒种子，覆土3～5cm。不压实，穴中插棍予以标记。

②床播　根据土层深浅以不挖出生土为限，将土翻扣、整碎，拣净树根，整平做床，播籽采用5cm×5cm株行距，每平方米播400粒，播后覆土3～5cm。原则上应提前1～2年整地，使土壤充分腐熟。

（2）移栽营养繁殖

①穴栽　整地规格和方法与种子繁殖法的穴播相同，每穴4株，覆土3～5cm。

②床栽　整地规格和方法与种子繁殖法的床播相同。栽植时，一般采用二年生苗，以秋栽为宜。对于一年生的参苗，应更细致整地，严格防寒。为了达到林药兼顾的目的，恢复以红松为主的针阔叶混交林，栽参的同时，定植好红松幼苗。

3. 田间管理

（1）播种　床栽、床播西洋参每年覆树叶1～2次。每年应进行2次松土，第一次应于苗出齐后进行，第二次应于7月进行，深度要接近参根，但不要损伤参根，要深浅一致，不露生土，粉碎土块，床面整洁无杂草。

穴播、穴栽林下西洋参不需松土除草，也不要施肥用药，让其自然生长。每年从参苗出土时开始，经常进行观察，如发现有抑制参苗生长的情况，则应及时采取抚育措施，于5月上中旬参苗全部出土后，对未出土的参苗植穴与参苗出土后因覆盖物的障碍未能正常伸长的参株，及时检查并加以处理，进行补播、补植和抚育。

（2）肥水措施　由于树木枯枝落叶层很厚和逐年腐烂，有机质十分丰富，经过翻耙，加速了土壤有机质的腐熟，为林下参提供了较丰富的营养物质。如降水较少，常常由于树争水分而出现干旱，影响出苗。进入雨季，雨水过多而发生病害或暴雨成灾。冬季降雪少、时间早晚都将直接影响西洋参的出苗率与保存。为提高出苗阶段的地温和保持湿度，采用塑料薄膜覆盖，可提前7～10d出苗。对当年播种苗播后采叶覆盖，也可收到良好

效果。

（3）病虫害防治　穴播、穴栽林下西洋参，最好不施农药防治病虫害，以免参体受到污染，降低质量，发现病株及时清出林外加以销毁。

床栽、床播西洋参的病害种类较多，其中，立枯病、黑斑病、锈腐病最严重。立枯病用多菌灵、百菌清、托布津、代森锌防治。黑斑病是西洋参地上部分发生最普遍的病害之一，可喷洒生石灰及300倍液多菌灵、托布津、代森锌控制病害。锈腐病严重降低西洋参的产量和质量，常采用每平方米用多菌灵7g以及每平方米用多菌灵3g和百菌清2g两种方法进行土壤消毒，能取得较好的效果。

西洋参常见的地下害虫有蝼蛄、蛴螬、地老虎，地上部分有金龟子、象鼻虫，粉虱等，采取人工捕捉及翻地和坐床时捕杀。鼠害种类有鼢鼠、花鼠、大林姬鼠、黑线姬鼠和大仓鼠等。以物理机械防治为主，必要时可用鼠药（水剂）与饵料（楂子、大米），于晴天傍晚投于鼠类活动场所和活动必经之路进行防治，对死鼠应及时收集深埋。

（4）采收和加工　采种时间一般在8月下旬至9月上旬。当西洋参果实充分红熟时，便可采收。采收过早，种子发育不好；采收过晚，果实易脱落，易遭鼠害。采收的红果要及时搓去果肉洗净，漂去瘪粒，待种子稍干表面无水时，便可埋藏，若留干种，种子阴干含水量达15%以下方可。可采取一次性采挖和按规格多次采挖两种办法采收林下参。一次性采挖收获期集中，便于作业和大批量销售，但缺点是生产的西洋参规格不一，有些过小的西洋参也被同时采挖出来，造成浪费。多次采挖是将达到一定规格的林下西洋参进行采挖，对未达到规格的继续培养，待达到规格后再行采挖。其最大优点是由于保留了幼参和自然下种参苗，使林下始终有参可采，实现一次播种多次采收，连续受益的目的。

（四）效益分析

西洋参一般每株四年生达20~30g，五年生达30~40g，七年生达50g左右。按每平方米栽50株，收获25株计算，5年后每平方米产量为500~1 250g，按目前收购鲜参价格100元/kg计算，每公顷每年平均10万~25万元。

七、三花龙胆 *Gentiana triflora* Pall.

（一）形态和生活习性

别名龙胆草、胆草、狭叶龙胆等。龙胆科龙胆属，多年生草本植物。根茎短，簇生数条细长的根。茎直立，不分枝，光滑无毛。单叶对生，基部抱茎。叶片线状披针形，先端渐尖，边缘稍反卷，光滑无毛，有1条明显主脉。花无梗，1~3朵，罕见5朵，成束着生于茎顶及上部叶腋。苞片披针形至线状披针形。花萼先端5裂，裂片长短不等；花冠深蓝色，钟形，先端5裂，裂片卵形，先端钝状或近钝状。副冠5片，甚短小；雄蕊5枚，花丝基部变宽；雌蕊花柱短，柱头2裂。蒴果矩圆形，有柄。种子多数，边缘具翅。花期8~9月，果期9~10月。

生于灌木丛中、林间空地或草甸中，分布于黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古等地。

干燥的根和根茎入药，味苦、性寒，有清热燥湿、泻肝胆火等功能。

（二）立地条件

三花龙胆喜阴及潮湿凉爽环境，耐寒性强，在腐殖土上生长良好。根据其生长特性，应选择富含有机质的土壤，要求土层深厚、土质肥沃、疏松、湿润，土壤pH值以7.8为宜，地块周边环境应远离交通干道200m以外，且近水源，排水方便，周围不得有污染源。

（三）栽培技术

1. 繁殖方法

（1）种子繁殖　三花龙胆种子休眠期长，自然发芽率低，播种前需要进行催芽处理。先用清水将种子浸泡7d，捞出种子，用低浓度的赤霉素溶液浸泡1h，此时大部分种子已露白，用清水漂洗2次即可播种。播前要将苗床浇透，种子播完后，用细筛筛土覆盖1mm，加盖塑料薄膜或草帘子。由于三花龙胆的种子很小，为保证播种均匀，可将沙和种子均匀混合。三花龙胆一般在播种后6d左右就开始出苗，15d前后进入苗盛期。出苗50%时将草帘或塑料薄膜支起。避免中午强光直射，高温时注意通风，大约30d前后出苗结束。

（2）分根繁殖　当地上芽进入休眠期，生长停滞，则根茎上端的潜伏芽可形成越冬芽。根茎每节上生1~3条须根。将根茎切成3节以上，带有5~6条须根的切段埋入土中，翌年可长成新株。行距20~23cm、株距10~20cm。

（3）扦插繁殖　在6月选取二年生以上的地上茎，剪成5~6cm长的插条，每段保留2个节以上，上部保留部分叶片。将插条下端插入20mg/kg萘乙酸水溶液中浸泡18h，或用赤霉素1mg/kg、萘乙酸1mg/kg等量混合液体浸泡48h。插床底部铺10cm厚混合土，上层再铺3~5cm的河沙，均需干热灭菌，浇透水，将插条插入，插完立即浇水，保持湿润。

2. 田间管理

（1）除草　苗出土后用小扒锄除草，整个生育期除草3~4次。

（2）肥水管理　土壤干旱时，应及时浇水防旱。二年生和三年生龙胆，可在生育期进行适量追肥，一般每平方米追施农家肥3kg、磷酸二氢铵50g。

（3）病虫害防治　为害龙胆的主要病害是斑枯病，在东北7~8月高温、高湿容易发生。一般入冬前搞好清园，烧掉病株残株，也可在发病初期用70%甲基托布津和50%百菌清各1 000倍液喷雾防治。

（4）采收和加工　选三年生以上的无病害健壮植株做采种用。当果实顶端出现枯萎时，种子即成熟。一般花后22d果实开始裂口，采收时将果实连果柄一起摘下，放入室内阴干后，脱粒。另一种方法是当种子田内植株有30%以上的果实裂口时，将所有的植株齐地割下，捆成小把，立放于室内，半月后将小把倒置，轻轻敲打收取种子，装入布袋中贮存。

移栽后，生长1~2年即可采收根茎。在秋季龙胆地上茎叶枯黄时，在畦头用铁锹挖深30~40cm深沟，再用铁钗子按行顺沟挖出根茎，抖净泥土，晒至半干，捆成小把，再

晒干即可。

（四）效益分析

每亩可产干龙胆草200～250kg，以60元/kg计，每亩可收12 000～15 000元。

八、锦灯笼 *Physalis alkekengi* L. var. *franchetii* （Mast.） Makino

（一）形态和生活习性

锦灯笼别名金灯笼、天灯笼、红姑娘、灯笼果等，是茄科酸浆属的1个变种。多年生或一年生草本植物。根茎横走。地上茎直立，结部稍膨大。下部叶互生，上部叶假对生。叶片长卵形、宽卵形或菱状卵形，先端渐尖，基部阔楔形，全缘，波状或有疏齿，有柔毛。有叶柄。花单生叶腋处，有长柄。花萼钟状，绿色，顶端5浅裂，裂片三角形，花后增大成囊状，变成橙红色或深红色，宿存，有柔毛；花冠广钟状，黄白色，稍带绿色，喉部带黄绿色，有细点，顶端5浅裂，裂片阔而短尖，外面有短柔毛；雄蕊5枚，短于花冠，花药呈淡黄绿色；雌蕊1个，子房卵球形，2室，花柱1条。浆果球形，成熟时橙红色，味甜，包围于橘红色、灯笼状膨大的宿存膜质花萼中，有5棱角。棱间有网状的细脉纹。顶端渐尖，微5裂，基部略平截，中心凹陷有果梗。体轻，质柔韧，中空，或内有棕红色或橙红色果实。果实球形，多压扁，果皮皱缩，内含种子多数。

花期6～9月，果期7～11月。

常生于旷野、山坡和林缘，分布于欧亚大陆，中国除西藏外，各地均有分布，但以北方为多。

其宿萼或带果实的宿萼入药。味苦，性寒，有清热解毒、利咽、化痰、利尿功能。

（二）立地条件

锦灯笼喜温暖、潮湿气候，耐寒，在北部稍冷的地方也可生长。需要充足的水分，否则果实产量较低，但在高温季节水分过多，也常引起烂根死亡。适于肥沃、排水良好的沙质壤土或黏质壤土上栽培，过黏或过于低洼地区不宜栽种。忌连作，不能以茄科植物为前茬。

（三）栽培技术

1. 繁殖方法

（1）种子繁殖　种子繁殖时，于10月份采收种子，洗净、阴干，于11月10日前，将种子在室内用清水浸泡24h后，捞出控净水，与2倍于种子的细沙均匀的搅拌一起，湿度标准以手攥成团，一碰即开为度。然后，用透气的袋子装好，在室外选一处地势高燥沙质壤土的地方挖一个30cm深的坑，将种袋放入坑内，种袋上覆盖10cm厚的土。封冻后，地表盖上10cm厚的覆盖物，以延缓早春地温升高，以免造成种子在地下发芽。于播种前5d揭掉覆盖物。播种时，取出种子和沙子同时播种即可。按行距25～30cm，划1～1.5cm深的沟，将种子撒入，复细土或细沙0.8cm再浇水，温度适宜时7～15d出苗。28d前后，

当小苗3~4叶时即可栽苗。采用大垄双行，行距60~70cm，株距20~25cm，每穴定植双株。另外，锦灯笼植株分蘖性很强，种植翌年开始，每株都能从地下长出6~8株萌蘖，导致土壤肥力下降，通风透气不好，生产上多在雨季移栽多余的萌蘖，成活率很高，又降低成本。

（2）分根繁殖　秋末或春初整地，行距27~33cm，深13~17cm。然后将地下根茎刨出，剪成10~13cm的小段，顺沟按小段长度的距离撒3~5小段，覆土0.6~0.9cm，再顺沟浇水。过3~4d后，用铁耙将2~3个沟搂平畦，出苗前再浇水，温度在18℃左右，半个月可出苗。

2. 田间管理

（1）选地整地　选好地，果园山地，平地均可。在选好的地块中，亩施圈肥4 000kg，复合肥30kg，均匀撒入地面，翻耕后整平做畦，畦宽以1m为好，有利于管理操作。零星生长于田间地头、地格子、老房框子和篱笆周围。适应性强，生长快，易栽培，好管理，一次种植，可受益几十年。锦灯笼在辽宁地区于5月上旬萌芽，6月中旬开花，9月下旬果实成熟。一般株高50cm左右，于7月中旬萌发大量萌蘖，串株结果5~7个，百果重250g。

（2）播种　春播、夏播和秋播，生产上多采用春播。

①春播　将种植地块深翻30cm，整平，按30cm的行距开沟，沟深1.5cm。投种密度每米30粒种子，然后踩格子，把种子踩入土中，覆土厚1cm左右。

②夏播　利用闲散地块，于7月25日前将地里的杂草割掉，将种子拌上湿沙，用手均匀地扬在地表上，然后用铁耙子搂一遍，深度2~3cm，待8月份雨季即能出齐苗。

③秋播　方法同春播，时间在10月份，于封冻前播完，但秋播的种子不用冷冻处理。

（3）除草　要想丰产早产，锦灯笼苗高10cm，结合间苗进行中耕除草。

（4）水肥管理　幼苗期宜小水浇灌，经常松土除草。苗高13~17cm时，需水、需肥量逐渐增多，应追施一些人粪尿或每亩施磷肥20~25kg。花期可适当多浇水，形成果实后适当减少浇水次数。雨季低洼积水处应注意排水。

（5）病虫害防治　蚜虫或红蜘蛛为害茎叶，可用药液喷杀。根腐病可用波尔多液浇灌根部，采收前15d停止用药。

（6）采收加工　锦灯笼于10月上旬采收，此时叶片全部落地，只剩果实，便于采摘。加工时将果实集中在平坦的水泥地或油板路面上，用脚踩或木磙压，将果实压坏，挤出水分、晒干，即可出售。

（四）效益分析

人工栽培锦灯笼，每亩用种量500g，投入不超过100元。近几年，东北的收购价为每千克10~12元，亩产量达50kg干品，所以，亩产值500~600元。

九、党参 *Codonopsis pilosula* Nannf

(一) 形态和生长习性

别名西党、纹党、晶党等。桔梗科党参属，多年生缠绕性柔弱草本植物。植株有白色乳汁。根长圆柱形，具多数瘤状的茎痕，外皮黄褐色至灰棕色。茎细长而多分枝，光滑无毛。叶对生、互生或假轮生。叶柄有刺毛；叶片卵形或狭卵形，叶缘有波状齿或全缘。花1~3朵生于分枝顶端。花萼无毛，一般4裂，有时5裂，裂片长圆披针形或三角状披针形；花冠淡黄绿色，具污紫色斑点，宽钟形，无毛，先端5浅裂，裂片正三角形；雄蕊5枚，花丝中下部略加宽；雌蕊子房半下位，3室，胚珠多数，柱头3裂。蒴果，圆锥形，花萼宿存，3瓣裂。种子长圆形，棕褐色，有光泽。花期7~8月，果期8~9月。

生于山地林内、灌丛中。分布于东北、华北，以及河南、山西、宁夏、甘肃、四川等地。党参适应性较强，喜温和凉爽气候。不同的生长时期对水分、温度、阳光的要求有所不同。种子萌发的适宜温度为18~20℃。幼苗喜阴，成株喜光，能耐受33℃的高温，也可在-30℃条件下安全越冬。在排水不利和高温高湿时易发生根腐病。党参是深根系植物，土壤pH值以6.5~7.0为宜。忌连作，一般应隔3~4年再种植。党参以3年生植株所结的种子发芽率高，一般为90%以上。室温下贮存一年则降低发芽率，贮存期间受烟熏或接触食盐，种子将丧失发芽率。

以长而粗的圆柱形根入药，味甘，性平，有补中益气，健脾益肺功能。

(二) 立地条件

生于较湿润的山地灌丛、林缘、林下及溪流旁，喜腐殖质土壤，怕炎热。宜生长在海拔700m以上山地及排水良好、土质疏松、土层深厚而富含腐殖质的沙质壤土地。一般熟地、生荒地均能生长。忌黏壤土和重盐碱地。

育苗地应选靠近水源，土壤较湿润的地块；移栽地应选择地势较高些，排水良好的地块，以防根腐病蔓延。

(三) 栽培技术

1. 繁殖方法 党参的繁殖，有育苗移栽和直播两种，以育苗移栽最好。育苗地应选择靠近水源、土壤较湿润的地块。移栽地应选择地势较高、排水良好的地块，以防根腐病蔓延。

(1) 播种 种子直播春、秋两季均可进行，以秋播出苗较好。秋播于10月初开始至地冻前播完，春播于3月下旬至4月上旬，一般采取散播或条播。为了促进种子萌发和幼苗健壮生长，播种前最好用50mg/kg的赤霉素溶液浸泡6h，然后把种子捞出，用清水冲干净稍加晾干即可播种。因为党参的种子细小，为使播种均匀和播时不被风刮走，播种前将种子和草木灰、细沙或细土混拌均匀。撒播时，将拌好的种子撒在畦面上，然后覆一层土，以盖住种子为宜，再覆盖一层干草；条播时，做成播种尺板，行距20cm，播幅10cm，将拌好的种子均匀播于沟内，微盖细土，稍加镇压；垄播可用镐顺垄开浅沟，再

将种子均匀播于沟内，微盖细土，稍加镇压。党参育苗地做畦，播种时期及播种方法同于直播。育苗1年即可进行秋栽或春栽，一般育苗每亩可移栽5～8亩。

（2）移栽 春季移栽应在芽萌动前，于3月下旬至4月上旬进行；秋季移栽在10月中下旬、土壤结冻前。生产上以秋季移栽为好。最好选择阴天或早晚进行移栽。土壤干旱应在挖苗前1～2d适当浇水，保持土壤潮湿，以免伤苗。就近移栽应随起随栽；如需进行远途运输，将党参苗用木箱或纸箱包装，装箱时芽苞朝里，根部面向箱壁，以免途中颠簸损伤芽苞，运回后如不能当天栽完要进行假植。

垄栽可在垄上顺垄开15～20cm深的沟，按株距8～10cm斜栽，覆土5～7cm后，及时镇压保墒；畦栽时在畦面上按行距20cm开沟，沟深按种栽大小而定，一般以不窝卷须根为宜，按株距8～10cm立栽或斜栽，覆土3～5cm，栽后稍加镇压。如春栽过晚，党参小苗已出土，移栽时需将茎叶露在土外，栽后及时覆盖干草或稻草、麦秸，然后浇水，待3～5d缓苗后再将覆盖物撤除，浅松表土。

2. 田间管理

（1）覆盖 直播田和育苗田春播后，为了保墒利于出苗，畦面应该盖草，盖草不宜太厚，以达到保湿为好，待出苗时将草撤除。南方气候炎热小苗期应搭设阴棚，以避免强光。

（2）浇水 春播后要保持畦面湿润，利于种子萌发和出苗。幼苗生长期遇到干旱，要及时浇水，浇水时间最好在8时前或15时后。

（3）间苗除草 党参育苗期应见草就除，防止草荒。当幼苗长至5～7cm高时，按株距3cm进行间苗，结合间苗对缺苗严重的地方要进行补苗；直播田应分两次，按株距5～7cm定苗，将过密参苗间除，缺苗地方补栽。

（4）追肥 党参是喜肥植物，7月中旬，每亩用硫酸铵10kg与过磷酸钙15kg混合追肥，与行间距根部10cm处开6cm深沟，施入肥料后培土。

（5）防寒 严寒地区种植党参要在秋末地上部分枯萎后盖上防寒土，以防冻害，翌年春季党参越冬芽萌动前撤除。

（6）清理果园 于党参地上部枯萎后，要及时清除残株茎叶，拔除架设物，用50%多菌灵800～1 000倍液进行田园消毒处理。

（7）病虫害防治 病害主要有锈病、根腐病，锈病可用50%多菌灵800倍液喷雾，每隔10d喷一次，共喷2～3次；根腐病拔除病株烧毁，在发病处撒石灰，注意选地，及时排水，可以在较轻的病株根部浇适量的50%退菌特1 500～2 000倍液或1%的石灰水。虫害主要有蛴螬、蝼蛄和金针虫主要采用化学防治。

（8）采收和加工 一般选择三年生植株作留种田。在9月下旬至10月上旬大部分果实的果皮变成黄色，种子变成褐色时即可采收。因党参种子成熟期不一致，要随熟随采，以防果壳开裂种子脱落。

移栽两年后，于10月上旬采收。先将支架、茎蔓清除，刨取根部。去净土，按根的粗细和长短分别晾晒，八成干后捆成小把，稍压再晒全干即可。每亩收干品300～400kg。

（四）效益分析

2011年初，党参陈货小条交易价28～30元/kg，中条交易价30～35元/kg，大条交易价35～38元/kg。

十、白术 *Atractylodes macrocephala* Koidz.

（一）形态和生长习性

白术别名于术、冬术、冬白术。为菊科苍术属多年生草本植物。高30～60cm。根状茎肥厚，略呈拳状。茎直立，上部分枝。叶互生，叶片3，深裂或上部茎的叶片不分裂，裂片椭圆形，边缘有刺。头状花序顶生，总苞钟状，花冠紫红色。瘦果椭圆形，稍扁。花期7～9月，果期8～10月。

主产于浙江新昌、天台、东阳、于潜，湖南平江、宁呈，江西修水，湖北通城、利川，河北、山东等省也可以引种栽培。陕西普遍有栽种，连黄土高原都引种成功。

以根茎入药。味苦、甘，性温，健脾益气，燥湿利水，止汗，安胎。用于脾虚食少，腹胀泄泻，痰饮眩悸，水肿，自汗，胎动不安。

（二）立地条件

喜凉爽气候，怕高温高湿。白术对土壤要求不严格，酸性的黏壤土、微碱性的沙质壤土都能生长，以排水良好的沙质壤土为好，而不宜在低洼地、盐碱地种植。育苗地最好选用坡度小于15°～20°的阴坡生荒地或撂荒地，以较瘠薄的地为好，过肥的地白术苗枝叶过于柔嫩，抗病力减弱。

（三）栽培技术

1. 繁殖方法　用种子繁殖，生产上主要采用育苗移栽法。

（1）育苗　选择籽粒饱满、无病虫害的新种，在25～30℃的温水中浸泡24h，捞出催芽。于3月下旬至4月上旬播种，播种方法以条播或撒播为宜。播种前，先在畦上喷水，待水下渗表土稍干后，按行距15cm开沟播种，沟深4～6cm，播幅7～9cm，沟底要平，播后覆土挡平，稍加镇压，再浇水，每亩用种4kg左右。撒播者，待水下渗后，将种子均匀撒入后，覆浅土即可，每亩可用种5kg左右。播后约15d出苗，至冬季移栽前，每亩可培育出800～1 200kg鲜术栽。

（2）移栽　当年冬季就可移栽，但冬季寒冷，术栽需冬藏春栽。术栽以当年不抽叶开花，主芽健壮，根茎小而整齐，杏核大者为佳。剪去须根，按行距25cm开深10cm的沟，按株距15cm左右将术栽排入沟内，芽尖朝上，并与地面相平。栽后两侧稍加镇压，全部栽完后，再浇1次大水。一般每亩需鲜术栽50～60kg。

2. 田间管理

（1）科学育苗　白术在播种前翻土，覆盖杂草，烧土消毒，防止病虫害发生。将种子与沙土混合并加入新高脂膜播入田间，驱避地下病虫，隔离病毒感染，加强呼吸强度，

提高种子发芽率。幼苗出土后用新高脂膜喷施在植物表面，防止病菌侵染，提高抗自然灾害能力，提高光合作用效能，保护禾苗茁壮成长。

（2）选地、整地　育苗地宜选择肥力一般、排水良好、高燥、通风凉爽的沙壤土，每亩施农家肥2 000kg作基肥，深翻20cm，耙平整细，做成1～1.2m宽的畦。大田宜选择肥沃、通风、凉爽、排水良好的沙壤土，忌连种。前种作物收获后，每亩施农家肥4 000kg，配施50kg过磷酸钙作基肥，深翻20cm做成宽1～1.5m的畦。

（3）中耕除草　浅松土，原则上做到田间无杂草，苗未出土前浅松土，苗高3～6cm时除草，土不板结，雨后露水未干时不能除草，否则容易感染铁叶病。7月下旬至9月下旬正是长根的时候，拔草一月1～2次。

（4）追肥　施足基肥，以腐熟厩肥或堆肥等为主。基肥每公顷用人粪尿11 250kg，过磷酸钙375～525kg。5月上旬，苗基本出齐，施稀薄人粪尿一次，每公顷7 500kg。结果期前后是白术整个生育期吸肥力最强，生长发育最快，地下根状茎膨大最迅速的时候，一般在盛花期每公顷施人粪尿15 000kg，过磷酸钙450kg。在株距间开小穴施后覆土，在早晨露水干后进行。

（5）灌溉排水　白术忌高温多湿，须注意做好排水工作。如排水不畅，将有碍术株生长，易得病害。田间积水易死苗，要注意挖沟、理沟、雨后及时排水。8月下旬根状茎膨大明显，需要一定水分，如久旱需适当浇水，保持田间湿润，否则影响产量。

（6）摘除花蕾　为了促使养分集中供应根状茎促其增长，除留种株每株5～6个花蕾外，其余都要适时摘蕾，一般在7月中旬至8月上旬，即在20～25d内分2～3次摘完。摘花在小花散开、花苞外面包着鳞片略呈黄色时进行，不宜过早或过迟，摘蕾过早，术株幼嫩，会生长不良，过迟则消耗养分过多。以花蕾茎秆较脆，容易摘落为标准。一手捏住茎秆，一手摘花，须尽量保留小叶，防止摇动植株根部，亦可用剪刀剪除。摘蕾在晴天，早晨露水干后进行，免去雨水浸入伤口，引起病害或腐烂。

（7）选留良种　在白术摘除花蕾前，选择术株高大，上部分枝较多，健壮整齐，无病虫害的术株为留种用，每株花蕾早而大的花蕾作种，剪去结蕾迟而小的花蕾，促使种蕾饱满。立冬后，待术株下部叶枯老时，连茎割回，挂于阳光充足的地方，10～15d后脱粒，去掉有病虫害瘦弱的种子，装在布袋或纸袋内贮存于阴凉通风处。如果留种数较多，不便将茎秆割回，可只将果实摘回放于通风阴凉处，干后将种子打出贮存，备播种用。

（8）适当浇水　白术对土壤水分要求不严格，但在苗期要适当浇水。如此时干旱，幼苗生长迟缓，但高温高湿季节，应注意排水，否则容易发生病害。生长后期，根状茎迅速膨大，这时需保持土壤湿润，如土壤干燥对根状茎膨大有影响。

（9）病虫害防治　常见病害有白绢病、立枯病、锈病、根腐病等。白绢病选无病害种栽，并用50%退菌特1 000倍溶液浸种后下种，发病时可用50%多菌灵或50%甲基托布津1 000倍液浇灌病区。立枯病发病期用五氯硝基苯200倍液浇灌病区；发病初期喷97%敌锈钢300倍液，或0.2～0.3波美度石硫合剂，7～10d1次，连续2～3次。根腐病选用无病健壮的作种，并用50%退菌特1 000倍液浸3～5min，晾干后下种，发病期用50%多菌灵或50%甲基托布津1 000倍液浇灌病区。虫害方面主要有地老虎、蛴螬、术蚜，其中，以地老虎、蛴螬为害最严重，化学防治。

(10) 采收加工　采收期在定植当年10月下旬至11月上旬(霜降至冬至),茎秆由绿色转枯黄,上部叶已硬化,叶片容易折断时采收。过早采收术株还未成熟,块根鲜嫩,折干率不高,过迟新芽萌发,块根养分被消耗。要防止冻伤,选择晴天,土质干燥时挖出。晒干或烘干,晒干15~20d。日晒过程中经常翻动的白术称为生晒术,烘干的白术称为烘术。烘干时,烘烤火力不宜过强,温度以不烫手为宜,经过火烘4~6h,上下翻转一遍,细根脱落,再烘至8成干时,取出堆积5~6d,使内部水分外渗,表皮转软,再行烘干即可。以个大、体重、无空心、断面白色的白术为质量好,一般每公顷可收2 250~3 000kg。

(四) 效益分析

每亩种子及种植技术共200元,合计用化肥150元/亩,每亩按300kg产量计算,当前市场价为20元/kg,每亩产值可达6 000元。

十一、蔓生百部 *Stemona japonica* (Bl.) Miq.

(一) 形态和生活习性

蔓生百部正名百部,属百部科百部属植物,在全世界有约27个种,中国有5个种。多年生缠绕草本植物。地下块根成束,肉质,长纺锤形。茎下部直立,上部蔓生。叶轮生。叶柄较长,叶片卵形至卵状披针形,基部圆形、宽楔形或截形,边缘微波状,叶脉5~9条。花单生或数朵排成聚伞花序,总花梗基部与叶柄或叶中脉愈合。花被4片,淡绿色,卵状披针形至卵形,开放后向外反卷;雄蕊4枚,花丝短,花药内向,线形,雄蕊顶端有一短钻状附属物;雌蕊子房卵形,甚小,无花柱。蒴果卵状,稍扁。种子数粒,长椭圆形,深紫褐色。花期4~5月,果期6月。8月中旬蒴果成熟开裂,11月植株进入休眠期。

生于山地、丘陵灌丛、林边、竹林下。适宜温暖湿润气候,对土壤要求不严。一般土壤都可种植。耐寒,怕干旱,忌积水。分布于山东、安徽、江苏、浙江、福建、江西、河南、湖北、四川和陕西等地。

干燥的块根入药。味甘苦,有小毒。有润肺止咳,杀虫功能。

(二) 立地条件

选择较阴凉湿润、疏松肥沃、排水良好的沙质壤土。在选好的地块上深翻耙平,做宽约130cm的高畦。

(三) 栽培技术

1. 繁殖方法

(1) 种子繁殖　北方于3月下旬至4月上旬、南方在8~9月播种育苗。苗床按沟心距25~30cm开横沟,播幅5~10cm,将种子均匀播于沟中。每亩用种子2~2.5kg。然后施人畜粪水,盖草木灰,并盖细土4~5cm厚,再盖谷壳。播种后翌年春季出苗,冬季移

栽。行距50cm，株距35cm，穴深15～20cm，底平。每穴1株，使块根向四面平铺，覆土后浇淡人畜粪水。

（2）分根繁殖　冬季倒苗后到次年未萌发时，结合收获挖出块根，将大个的剪下供药用。然后按芽及小块根的多少分割成小株，每株需有壮芽2～3个，未有损伤的块根2～3个，选地栽种。

2. 田间管理　每年春季幼苗出土后，4月和6月各进行1次中耕除草及追肥。苗高20cm左右时，在株旁插1根竹竿或树枝，供蔓茎缠绕，并将相邻支柱顶端每3～4个扎在一起，更为坚固，便于管理。冬季清除干枯茎蔓后培土，并施土杂肥1次。

蔓生百部易受棉红蜘蛛的伤害，常采用清园。收挖前将地上部分收割，处理病残体，以减少越冬基数，发生期可配合化学防治。

定植后2～3年采挖，时间在冬季地上部分枯萎后或早春萌芽前。将块根挖出，除去细根、泥土，在沸水中浸烫，以刚煮透为准，取出晒干或烘干即成。

（四）效益分析

以每亩产百部干品300～350kg计，当前市场价格8～10元/kg，每亩2～3年产值2 400～3 500元。

十二、平贝母 *Fritillaria ussuriensis* Maxim.

（一）形态和生活习性

平贝母也称平贝、北贝，是药用贝母类药材的一种。为百合科贝母属多年生草本植物。百合科贝母属植物在世界约有60种，中国有20种2变种。高达1m。鳞茎扁圆形，具2～3枚肥厚鳞片，白色，周围有时附有少数小鳞茎，基部簇生须根。茎直立，光滑。茎下部叶常轮生，上部叶对生或互生，线形至披针形，茎上部叶先端卷曲呈卷须状。花单生于上部叶腋，下垂，共着花1～3朵，顶端的花具4～6枚叶状苞片。花钟形，外面乌紫色，内面有近方形的黄色斑点，外花被片长圆状倒卵形。花期5～6月，果期6月。

野生平贝母生于林下、草甸或河谷，分布于黑龙江、辽宁、吉林等省。

平贝母属早春植物，在东北3月下旬至4月上旬，温度在2～4℃时出苗；4月上旬至中旬，温度在3～5℃时展叶；5月上旬，温度在10～14℃时开花，花期7～15d。温度在13～16℃时进入生长盛期。开花后1个月左右，即6月上旬，温度在17～19℃时，果实陆续成熟。6月上旬，气温在28℃以上时，平贝母鳞茎所在土层温度升到20℃以上时，地上植株枯萎，进入夏眠，即完成1年生长发育过程。平贝母生长期较短，仅60d左右。7月上旬至8月下旬，越冬芽开始生长发育，并形成新须根和子贝，冬季进入休眠期。

平贝母以干燥鳞茎入药，是国内常用的中药材。味苦、甘，性微寒。具有清热润肺，化痰止咳之功效。主治痰热燥咳，痰多胸闷，咳痰带血等症。

（二）立地条件

平贝母栽培地块应选择地势平坦、土壤水分充足、排水良好的肥沃疏松、富含腐殖质

的土壤，以山地黑土、油沙土为宜，不宜选用黄泥土的地块。平贝母喜腐殖质丰富、疏松肥沃的沙质壤土，湿润的气候条件。耐寒，在东北地区种植经1月份-37℃的低温，未见冻害发生，不需要特殊的防寒措施。5月底气温超过20℃时，地上部停止生长并逐渐枯萎，地下鳞茎进入分化期末，此期需种植玉米、大豆等遮阳作物，以保证鳞茎的正常越夏。

（三）栽培技术

1. 选地 利用幼树成林前的这段时间，在林间空地种植一茬平贝母，既能合理地利用林间空地，又防止了幼林地草荒，还增加了单位面积产值，具有很大的经济效益和生态效益。利用参后林地种植平贝母对地势要求较严，要选择坡度小且较缓的地块或高山中的平坦林地。陡坡参后林地土壤养分易流失和干旱，不宜种植平贝母；种参期间使用过六六六、五氯硝基苯的参后地也不能种植平贝母。

2. 繁殖方法 平贝母生命力强，繁殖率高，即可进行有性繁殖，又可进行无性繁殖。用种子繁殖生长周期长，收效较慢，一般需6年左右才能收获。而用鳞茎繁殖，则1～2年便可收益，故生产上多用鳞茎繁殖法。

（1）种子繁殖　平贝母种子于6月上中旬陆续成熟。种子采收后稍晾干，便应立即播种，否则会降低或丧失发芽力。为便于管理，最好进行横畦条播，行距10cm，覆土1～1.5cm。播后床面盖草帘或树条，保持土壤湿度。如播后遇干旱，可适当浇水或畦沟灌水，以利种子后熟和发芽。平贝母幼苗顶土能力弱，为提高顶土能力，亦可用整果或按子房室分瓣，按10cm×5cm的行株距穴播畦面上，覆细土2cm厚，再覆腐熟落叶1～2cm，以利保墒。

（2）鳞茎繁殖　于6月下旬将起挖出的鳞茎按大、中、小分成3级。大者（直径1.5cm以上）加工入药，中（直径0.8～1.5cm）、小（直径0.8cm以下）鳞茎分别播种。覆土3～5cm，当年便可形成新根和更新芽。翌春土壤解冻后，出苗、开花、结实。根据平贝母鳞茎大小不同，亩栽种量也不同，一般高粱粒大小的需150～200kg，玉米粒大小的需250～300kg，更大些的要用300～400kg。做种用鳞茎需尽量做到随采收随播栽，以防堆放贮藏发热霉变。如不能及时播栽时，则应暂放入湿沙中分层贮藏，但最迟必须在8月中旬以前播完，否则平贝母鳞茎生出新根和更新芽，容易碰断，并且由于堆放时间长，呼吸作用强，养分消耗过多，影响翌年平母贝的长势和产量。

3. 田间管理

（1）除草　平贝母地上植株生长期间，发现田间有杂草，要用手拔除，出苗前和枯萎后的田间杂草可用锄头浅锄；也可以在平贝母出苗前每亩用阿特拉津100g加水200kg进行喷雾处理，或者在平贝母地上植株枯萎后每亩使用50%西玛津进行喷雾处理。无论哪种方法除草，在为平贝母除草的同时也要除掉树苗周围的杂草，以保证林药健康生长。

（2）清理田园　平贝母地上植株枯萎后要及时清理，集中运往田外深埋或烧毁，防止病原菌落地寄生。

如利用五味子行间空地种植平贝母，既能充分合理地利用土地资源，又解决了五味子园行间草荒问题，还可利用五味子植株为平贝母遮挡强光照射，给平贝母夏季休眠创造凉

爽湿润的环境条件，收到降低生产成本、增加单位面积产值的良好效果。平贝母在疏松肥沃的腐殖土、壤土和沙壤土中生长健壮、产量高，因此，五味子间作平贝母，必须选择地势较平坦、土壤疏松肥沃、排灌方便的五味子园。坡度较陡、沙质土壤、低洼易涝的五味子园均不适宜间种平贝母。平贝母移栽时间为6月上中旬，最迟不能超过6月末。平贝母起收后，大鳞茎鲜售或加工，中、小鳞茎作种栽。为便于起收和田间管理，将种鳞茎按大、中、小分为3级分别栽植，大、中鳞茎点播，小鳞茎撒播。

（3）肥水措施　林药间作多为坡地，不便于浇水，因此，要在平贝母行间或畦面用稻草、无籽山草或树叶覆盖，减少土壤水分蒸发；或增加松土次数，破坏土壤表层毛细水管，减少水分蒸发；或在畦间作业道中挖一些鱼鳞坑，拦截雨水向畦床渗透。雨季要做好排水工作。无论是畦作或垄作，都要在畦旁或垄两边挖浅沟，以便排除雨水。为了防止雨水冲涮畦面，要在贝母地上坡横向挖好排水沟，将山地上坡雨水引向田外。由于其生育期较短（60d），所以，须追施速效肥，第一次在茎叶伸展时，第二次在开花前，追肥种类和数量为硝酸铵10kg/亩，磷二铵7.5kg/亩。

（4）病虫害防治　平贝母常见的病害有锈病、菌核病。平贝母展叶期或发生锈病初期，喷施10%世高1 000倍液或40%杜邦福星乳油3 000倍液、25%粉锈宁可湿性粉剂500倍液、95%敌锈钠300倍液、20%萎锈灵可湿性粉剂500倍液，每隔7d喷施1次，连喷3～4次。菌核病可在种鳞茎移栽前，用50%速克灵可湿性粉剂1 000倍液浸泡30min，捞出控至鳞茎表皮无水时移栽；或移栽后覆土前，用上述药剂对鳞茎和畦土先进行喷雾，然后覆土。

为害平贝母地下鳞茎的害虫有蛴螬、蝼蛄、金针虫。可用毒饵撒于田间诱杀；粪肥在施用前喷洒50%辛硫磷乳油500～1 000倍液并拌匀，用塑料覆盖2～3d，闷杀幼虫及虫卵；做畦时用上述药剂喷施可起到同样防治效果；移栽后遭受严重为害的田块，用50%辛硫磷1 000倍液浇灌畦面，可杀死田间害虫。

为害平贝母地上茎的害虫主要是地老虎。具体方法是把毒饵装入敞口容器中放入田间诱杀。

平贝母林药间作易受鼢鼠和鼹鼠的为害。在田间发现凸起的新土包时，于附近挖开洞道口，安放地箭、鼠夹等捕杀；挖开洞口，将大葱白破开放入一定量的磷化锌或其他鼠药，合上葱白并用葱叶缠好放入两侧洞口中，待鼢鼠和鼹鼠前来堵洞口时发现大葱并咬食毒杀。

（5）采收　6月中旬平贝母地上部全部枯萎以后进行挖掘。首先，将畦床一头扒开一部分，露出鳞茎，然后用木锹或平板锹沿平贝母鳞茎层将覆土翻到作业道上，使整个畦内平贝母的鳞茎暴露。挑出大的鳞茎除去杂物和泥土后，进行加工，剩下的中小鳞茎分等栽培。

（四）效益分析

平贝母一般亩产干货200～300kg，每千克20元，每亩产值4 000～6 000元。

十三、百合 *Lilium brownii* F. E. Brown

（一）形态和生活习性

百合别名强瞿、番韭、山丹、倒仙。是百合科百合属多年生草本植物。鳞茎球形，淡白色，暴露部位带紫色，先端鳞片常开放如荷花状，鳞茎下生多数须根。茎圆柱形，直立，不分枝，光滑无毛，带有褐色斑点。叶互生，无柄，披针形至椭圆状披针形。花大，有芳香，红色，单生于茎顶，平伸或稍俯垂。花被漏斗状，6 裂片，排成 2 轮，每片基部有蜜腺槽。雄蕊 6 枚，上弯。雌蕊子房圆柱形，柱头 3 裂。蒴果长圆形，有棱。种子多数。花期 5 ~7 月，果期 8 ~10 月。

主要分布在亚洲东部、欧洲、北美洲等北半球温带地区。全球已发现有百多个品种，中国是其最主要的起源地，原产 50 多种，是百合属植物自然分布中心。近年更有不少经过人工杂交而产生的新品种，如亚洲百合、麝香百合、香水百合等。

百合生长、开花温度为 16 ~24℃，低于 5℃或高于 30℃生长几乎停止，10℃以上植株才正常生长，超过 25℃时生长又停滞，如果冬季夜间温度低于 5℃持续 5 ~7d，花芽分化、花蕾发育会受到严重影响，推迟开花甚至盲花、花裂。

其花、鳞状茎均可入药。味甘，性平，微寒。具有清火、润肺、安神的功效，是一种药食兼用的花卉。

（二）立地条件

性喜湿润、光照。要求肥沃、富含腐殖质、土层深厚、排水性极为良好的沙质土壤，多数品种宜在微酸性至中性土壤中生长。百合喜肥沃、腐殖质多深厚土壤，最忌硬黏土；排水良好的微酸性土壤为好，土壤 pH 值为 5. 5 ~6. 5。

（三）栽培技术

1. 繁殖方法　百合的繁殖方法有播种、分小鳞茎、鳞片扦插和分珠芽等 4 种方法。

（1）播种法繁殖　播种属有性繁殖，主要在育种上应用。秋季采收种子，贮藏到翌年春天播种。播后 20 ~30d 发芽。幼苗期要适当遮阳。入秋时，地下部分已形成小鳞茎，即可挖出分栽。播种实生苗因种类的不同，有的 3 年开花，也有的需培养多年才能开花。因此，此法家庭不宜采用。

（2）分小鳞茎法　如果需要繁殖一株或几株，可采用此法。通常在老鳞茎的茎盘外围长有一些小鳞茎。在 9 ~10 月收获百合时，可把这些小鳞茎分离下来，贮藏在室内的沙中越冬。翌年春季上盆栽种。培养到第三年 9 ~10 月，即可长成大鳞茎而培育成大植株。此法繁殖量小，只适宜家庭盆栽繁殖。

（3）鳞片扦插法　此法可用于中等数量的繁殖。秋天挖出鳞茎，将老鳞茎上充实、肥厚的鳞片逐个分掰下来，每个鳞片的基部应带有一小部分茎盘，稍阴干，然后扦插于盛好河沙（或蛭石）的花盆或浅木箱中，让鳞片的 2/3 插入基质，保持基质一定湿度，在 20℃左右条件下，约一个半月，鳞片伤口处即生根。冬季温度宜保持 18℃左右，河沙不

要过湿。培养到翌年春季，鳞片即可长出小鳞茎，将它们分上来，栽入盆中，加以精心管理，培养 3 年左右即可开花。

（4）分珠芽法　分珠芽法繁殖，仅适用于少数种类。如卷丹、黄铁炮等百合，多用此法。做法是：将地上茎叶腋处形成的小鳞茎（又称“珠芽”，在夏季珠芽已充分长大，但尚未脱落时）取下来培养。从长成大鳞茎至开花，通常需要 2 ~ 4 年的时间。为促使多生小珠芽供繁殖用，可在植株开花后，将地上茎压倒并浅埋土，将地上茎分成每段带 3 ~ 4 片叶的小段，浅埋茎节于湿沙中，则叶腋间均可长出小珠芽。

百合开花之后，很多人就把球根扔掉。其实它仍有再生能力，只要将残叶剪除，把盆里的球根挖出另用沙堆埋藏，经常保湿勿晒，翌年仍可再种一次，并可望花开二度。

2. 田间管理

（1）土壤准备　百合忌连作，怕积水，应选择深厚、肥沃、疏松且排水良好的壤土或沙壤土种植。土地要深翻 30cm，基肥要腐熟，亩施厩肥 2 500 ~ 3 000kg，沤制饼肥 100 ~ 150kg，过磷酸钙 20 ~ 30kg，翻耙入土，平整做畦，四周开好较深的排水沟，以利排水。亚洲百合和铁炮百合一部分品种可在中性或微碱性土壤上种植，东方百合则要求在微酸性或中性土壤上种植。如土壤 pH 值不适宜，要进行改良。百合对土壤盐分敏感，故头茬花收获后，有条件的要采用大水漫灌进行洗盐或换土，否则，二茬花可能会出现缺铁黄化生理病害。老产区要实行 3 ~ 4 年的轮作。

（2）栽植　种植时间主要依切花上市时间及百合品种的生育期而定，在昆明周年可种植，以正常产花计，11 月下旬到翌年元月上旬切花上市，可在 8 月下旬到 9 月上旬定植；如要在 11 月至翌年 4 月连续产花，可将种球冷藏，在元月前陆续取出定植。栽植密度因品种、种球大小、季节而异。亚洲杂种 50 ~ 60 个/m^2，东方杂种和麝香杂种 45 ~ 55 个/m^2；同一品种，大球稀些，小球密些；阳光弱的冬季比春秋季稀些。定植深度冬季可在 6cm 左右，夏季 8cm 左右。

（3）土肥水管理　百合生长期间喜湿润，但怕涝，定植后即灌一次透水，以后保持湿润即可，不可太潮湿。在花芽分化期、现蕾期和花后低温处理阶段不可缺水。

百合喜肥，定植 3 ~ 4 周后追肥，以 N、K 肥为主，要少而勤。但忌碱性和含氟肥料，以免引起烧叶。通常情况下可使用尿素、硫酸铵、硝酸铵等酸性化肥，切勿施用复合肥和磷酸二铵等化肥。

（4）光温管理　百合对温度较为敏感，管理上有 3 个时期较为关键。第一个时期为种植后 20 ~ 30d 内，要求温度不可超过 30℃，其中，亚洲百合要求不高于 25℃。第二个时期为现蕾后至切花采收前，温度若持续低于 5℃或高于 30℃均会引起裂萼。第三个时期为花后低温处理阶段，白天最高温度应控制在 15 ~ 18℃以下，最低气温应控制在 0℃以上。夏季生产要适度遮光，以降低温度。

（5）水肥管理　百合出苗后到现蕾前，主要是叶的分化发育，现蕾开花后要适当控制茎叶的生长，减少营养物质的消耗，延长叶片寿命，防止早衰。追肥应在生长中期以前进行，开花后一般不再施肥，特别是不再施 N 肥，以防徒长。

百合适宜 N 肥，以豆饼、菜饼、农家堆肥和 N、P、K 复合肥为最好。在百合的生长期要勤松土、除草，结合浇水施肥进行中耕。一般在生长期施稀释液肥 2 ~ 3 次，以促其

株苗生长发育。将近孕蕾开花时，施 1 ~ 2 次 P、K 肥，以保证株苗在孕蕾和开花期有充足营养，不仅可使花朵硕大，色鲜，并可促进球茎的发育。

（6）病虫害防治　百合的几种常见病害有百合花叶病、鳞茎腐烂病、斑点病、叶枯病等。斑点病摘除病叶，并用65%代森锌可湿性粉剂500倍稀释液喷洒一次，防止蔓延；鳞茎腐烂病可在发病初期，浇灌50%代森铵300倍液；叶枯病发病初期摘除病叶，第7 ~ 10d 喷洒一次 1% 等量式波尔多液，或 50% 退菌特可湿性粉剂 800 ~ 1 000倍液，喷 3 ~ 4 次即可。

（7）采收　在花枝上第一朵花蕾充分膨胀、透色时采收，过早开放不好，影响花色，过晚既给包装造成困难，又会因花粉散出而污染花瓣。剪花在 10 时前进行，花枝应尽快离开温室，及时插入清水中。

（四）效益分析

野生百合在市场上受到广大消费者青睐，不但在药用价值上具有滋阴、清肺，并有明显的限制癌细胞作用，而且在食用上，营养丰富、风味独特，是蔬菜中的珍品和夏天饮料中的补品，既可作餐桌上的佳肴，又可作保健药材，通过加工可制作成各种食品、中药及滋补品。是一种市场十分畅销、供不应求的高档农产品，深受消费者欢迎。

以浙江省台州市黄岩区为例，2006 年采收 0. 023 亩，共挖鲜百合 54kg，折合亩产 2 347. 5kg，亩产值 7. 042 万元；2007 年采收 0. 38 亩，平均亩产 2 521kg，出售价每 0. 5kg 15 ~ 20 元，按平均价 17 元计算，亩产值 8. 57 万元，经济效益十分显著。

十四、玉竹 *Polygonatum odoratum*（Mill.）Druce

（一）形态和生长习性

别名绵亘玉参、尾参等，百合科黄精属多年生草本植物。根状茎横生，肉质，淡黄白色，呈稍扁的圆柱形，多节，节间长，密生多数须根。茎单一，向一边稍倾斜，具纵棱，光滑无毛，绿色，有时稍带紫红色。单叶互生，呈两列；叶柄短或几乎无柄；叶片椭圆形或窄椭圆形，先端钝尖，基部楔形，全缘，上面绿色，下面粉绿色，中脉隆起。花腋生，单一或 2 朵生于长梗顶端；花梗俯垂，无苞片；花被管窄钟形，白色至黄绿色，先端 6 裂；雄蕊 6 枚，花丝白色，近光滑至有乳头状突起，花药黄色，不外露；雌蕊子房上位，3 室，花柱单一，线形。浆果熟时紫黑色，光滑，具 7 ~ 9 颗种子。花期 5 ~ 6 月，果期 7 ~ 9 月。

喜凉爽湿润气候，耐寒、不耐旱。野生见于阴坡、林内、灌丛间，耐阴。产于黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、内蒙古、甘肃、青海、山东、河南、湖北、湖南、安徽、江西、江苏、台湾及福建等地。

以横走的鞭状肉质根茎入药。味甘，性微寒。有养阴润燥、生津止渴功能，用作滋补药品，主治热病伤阴、虚热燥咳、心脏病、糖尿病、结核病等症，并可作高级滋补食品、佳肴和饮料。

（二）立地条件

玉竹适应性很强，喜凉爽潮湿蔽荫环境，耐寒、怕积水和强光直射，土壤 pH 值 5.5 ~6 最适宜。选择土壤疏松、肥沃、排水良好、富含腐殖质的黄色沙壤土或黄沙土为佳，生长玉竹色泽好、产量高、质量好，忌涝洼地和黄黏土地。黑土地产品色泽不好，质量差。玉竹适宜在湿润肥沃的林间种植，忌连作。

（三）栽培技术

1. 繁殖方法

（1）选种　玉竹通常用根状茎繁殖，繁殖速度很快。于秋季收获时，选当年生长的肥大的根茎留作种用。以根茎黄白色、芽端整齐、略向内凹的粗壮分枝最佳。瘦弱细小和芽端尖锐向外突出的分枝及老的分枝不能发芽，不宜留种。否则营养不足，生活力不强，影响后代，品质差，产量低。也不宜用主茎留种；因主茎大而长，成本太高，同时，去掉主茎就会严重影响质量，不易销售。要随挖、随选、随种。遇天气变化不能及时栽种时，必须将根芽摊放在室内背风、阴凉处。一般每亩用种茎 200 ~ 300kg。将选好的种茎浸入盛有 50% 多菌灵 500 倍液的桶中，药液应浸没种茎，浸泡 30min 后，捞出晾干备用。

（2）栽种　9 月下旬至 10 月下旬栽种，穴栽或条栽，适合林间栽培。例如，林木植株较高大，玉竹植株矮小喜阴耐寒，两者间作种植无论从生态、植株特性、生产周期上，还是经济效益上均可优势互补。

2. 田间管理

（1）施肥　结合整地每亩施入腐熟的农家肥2 000 ~ 3 000kg；种栽覆土后，于穴边每亩施焦泥灰 200kg 种肥；苗高 7 ~ 10cm 时，每亩浇施人粪尿 800 ~ 1 000kg 的苗肥或尿素 10kg。

（2）除草　栽后当年不出苗。翌春出苗后及时除草，可用浅锄，注意不要伤及小嫩芽，以后在 5 月和 7 月分别除草 1 次，第三年只适合用手拔出杂草。

（3）病虫害防治　玉竹主要病害有褐斑病、锈病和灰斑病，虫害主要有蛴螬、小地老虎。病害防治主要选用无病虫种茎，合理轮作，忌连作，防止积水，及时清除病株、病叶，注意清洁田园。也可以采用杀菌剂进行防治。虫害防治主要在低龄幼虫期用 50% 辛硫磷1 500倍液浇灌。

（4）采收加工　以玉竹栽后 2 ~3 年采收最好，产量高、质量好。栽培 1 年后也可以收获，但产量低，大小达不到规格。四年生的产量更高，但质量及有效成分下降。一般在 8 月上旬采挖。选雨后晴天、土壤稍干时，用刀齐地将茎、叶割去，然后用齿耙顺行从前往后退着挖根。抖去泥沙，按大小分级，暴晒 3 ~4d，至外表变软、有黏液渗出时，置竹篓中轻轻撞去根毛和泥沙；继续晾至由白变黄色时，用手搓擦或两脚反复踩揉，至柔软光滑、无硬心、黄白色时，晒干即可。也可将鲜玉竹用蒸笼蒸透，随后边晒边揉，反复多次，直至软而透明，再晒干。

（四）效益分析

2010 年玉竹干片每千克售价 13～18 元，2011 年初上升到每千克 33～36 元。销往东南亚国家及中国的广东等沿海城市，近年来，玉竹的需求量稳中有升。

十五、黄精 *Polygonatum sibiricum* Delar. ex Redoute

（一）形态和生活习性

黄精别名兔竹、鹿珠、马箭，野生姜、鸡头参等，是百合科黄精属多年生草本植物。根状茎横生，黄白色，肉质肥厚，略成扁圆柱形，有数个或多个形如鸡头的部分连接而成为大头小尾状，生茎的一端较肥大，且向一侧分叉，茎枯后留下圆形茎痕如鸡眼，节明显，节部生少数根。茎直立，单一，稍弯曲，圆柱形，光滑无毛。叶无柄，通常 4～6 枚轮生；叶片条状披针形，先端渐尖并卷曲，上面绿色，下面粉绿色，主脉平行，中央脉粗壮在下面隆起。花腋生，下垂，2～4 朵集成伞形花丛，总花梗顶端通常 2 分叉，各生花 1 朵；苞片膜质且小，比花梗短或几等长；花被筒状，白色至淡黄色，先端 6 齿裂，裂片披针形；雄蕊 6 枚，着生于花被筒的 1/2 以上处，花丝短；雌蕊 1 枚，子房上位，花柱长为子房的 1.5～2 倍。浆果球形，成熟时呈暗黑色。花期 5～6 月，果期 7～8 月。

黄精喜阴湿环境，耐寒，故野生常见于石砾质干山坡、山阴坡草地、疏林下、灌丛间、石砾质草地等处。分布于东北、华北及宁夏、甘肃、陕西、河南、山东和安徽等地。

从播种到生成新的种子，生长周期为 5～6 年。其种子在适宜条件下萌发后分化形成极小的初生根茎，初生根茎当年没有子叶或真叶出土，在地下完成年周期生长。翌年春季初生根茎在前一年已分化的叶原基继续分化、并形成单叶幼苗。同时，地下根茎分化、膨大形成次生根茎。秋季倒苗时，次生根茎的生长点已分化完成第三年的根茎节数。第三年开始抽地上茎，但不开花结果，直至生长 5～6 年的植株才开花结实。种子繁殖生长 4～5 年收获入药。

以肥厚的横走块茎入药。味甘、性平，有补气养阴、健脾、润肺和益肾功能。

（二）立地条件

黄精属植物分布区域虽较广，但适应性较差，对生态环境选择性较强。选择湿润肥沃的林间地或山地、林缘最为适合。要求无积水、无盐碱影响的沙质土壤。土薄、干旱和沙土地不宜种植。所以，一般选择气候温暖、光照适宜、土质肥沃、土层稍厚和腐殖质含量较高的土壤。黄精属中生森林草甸种，是中国北方温带地区落叶林中较常见的伴生种。在河北、河南、陕西等省，常生长在槲栎林中，槲栎林常分布在土层较厚、湿度较大的半阴坡上，郁闭度一般为 0.5～0.8。土壤为由花岗岩或花岗岩风化后发育的棕色森林土或褐色土。

（三）栽培技术

1. 繁殖方法 根茎分株或种子繁殖。种子繁殖时间长，多用于育苗移栽。生产上多

用根茎繁殖，栽培3～4年时春季萌芽前或秋季地上部分枯萎时均可采摘。

以根茎繁殖为例。秋季或早春挖取根状茎，秋季挖，需妥善保存，早春采挖直接栽培。取5～7cm长小段，芽段2～3节。然后用草木灰处理伤口，待浆干后，立即进行栽种。春栽在4月上旬进行，在整好的畦面上按行距25cm开横沟，沟深8～10cm，将种根芽眼向上，顺垄沟摆放，每隔15～20cm平放一段，覆盖细肥土5～6cm厚，踩压紧实。土壤墒情差的田块，栽后浇一次透水。

2. 田间管理

（1）除草　在黄精植株生长期间要经常进行中耕锄草，每次宜浅锄，以免伤根。

（2）追肥　每年结合中耕进行追肥，每次施入人畜粪尿1 000～1 500kg/亩，每年冬前每亩再施入优质农家肥1 200～1 500kg，并混入过磷酸钙50kg，饼肥50kg，混和均匀后沟施，然后浇水。

（3）防治病害　叶斑病多发生在夏秋季。防治方法以预防为主，入夏时间可用波尔多液或65%的代森锌可湿性粉剂500～600倍液喷洒。虫害有蛴螬，为害根茎，可用50%辛硫磷加水1 000倍浇灌根部，也可用苦楝叶水淋根。

（4）采收加工　春、秋两季采挖，以秋季采者为好。栽培的于种后3～4年采收，除去地上部分及须根，洗净，晾晒后反复揉晒至足干，或将洗净的根茎置沸水中稍煮片刻后晒干或烘干。有的地区，在产区直接经蒸煮制成色黑的熟黄精。挖取根茎后，削掉须根，用清水洗净，蒸10～20min，至透心后，取出边晒边揉至全干，即成商品。一般每亩产400～500kg，高产可达600kg。

（四）效益分析

黄精是出口创汇药品之一，野生资源已经不能满足市场需求，所以，开发黄精人工栽培前景看好。黄精为野生资源，经多年采挖，资源储量非常匮乏。市场行情稳步上升，其中，黄精与玉米合理的间作模式，不但能大大节约成本，创造良好的社会效益和经济效益，而且还能大大提高土地的利用效率。2010年亳州和安国药市黄精售价在每千克22～23元，2011年售价上升到每千克26～27元。

本章参考文献

1. 毕红艳，张丽萍，陈震等．2008. 药用党参种质资源研究与开发利用概况．中国中药杂志，33（5）：590～594

2. 曹广才，张金文，许永新等．2008. 北方草本药用植物及栽培技术．北京：中国农业科学技术出版社

3. 常纪良．2008. 玉竹主要病虫害及综合防治措施．特种经济动植物，（5）：52

4. 陈大坷，祝宁，王凤友．1990. 中国东北部的人参及林—参系统的经营．应用生态学报，1（1）：46～52

5. 陈红军．2007. 黑龙江宝清西洋参最佳采收期研究．中国药业，16（16）：53～54

6. 陈永生，王瑞凤，吴湘菊．2010. 长白山区林下参种植技术．吉林林业科技，39：（4）：61～62

7. 程云清，耿立威，刘剑锋 . 2008. 东北龙胆草种子萌发和幼苗生长特征的研究 . 安徽农业科学，36（11）：4 401 ~ 4 402

8. 崔东滨，严铭铭 . 1995. 平贝母茎叶化学成分的研究 . 中国中药杂志，20（5）：29

9. 丁自勉，孙宝启，曹广才 . 2008. 观赏药用植物 . 北京；中国农业出版社

10. 董万超，孙先等 . 2001. 中国长白山人参种质资源皂苷的比较研究 . 基层中药杂志，15（2）：3 ~ 6

11. 范令刚 . 1997. 林下栽培党参的方法与管理 . 中国林副特产，（4）：35

12. 房用，慕宗昭，蹇兆忠等 . 2006. 林药间作及其前景 . 山东林业科技，164（3）：101 ~ 102

13. 冯广彬 . 2004. 平贝母有性繁殖 . 特种经济动植物，7（6）：30

14. 冯家 . 2007. 人参栽培技术 . 长春：吉林出版集团出版社

15. 管继忠 . 2009. 林下玉竹实用栽培技术 . 农村实用科技信息，（1）：17 ~ 18

16. 郭欣，张常胜，桑圣中 . 1998. 龙胆草栽培技术简介 . 黑龙江医药，11（1）：34 ~ 35

17. 国家药典委员会 . 2005. 中华人民共和国药典（一部）. 北京：化学工业出版社

18. 国家药典委员会 . 2010. 中华人民共和国药典（一部）. 北京：化学工业出版社

19. 国家中医药管理局《中华本草》编委会 . 1999. 中华本草 . 上海：上海科学技术出版社

20. 韩广辉，张欣 . 2008. 落叶松下细辛栽培技术 . 内蒙古林业调查设计，（6）：71 ~ 72

21. 韩继堂，黄瑞贤，李世荣等 . 2011. 五味子与细辛间作立体栽培技术 . 人参研究，（1）：40 ~ 42

22. 韩学俭 . 2009. 百部繁育技术 . 科学种养，（4）：16 ~ 17

23. 郝萍，张英，孔繁勇 . 2005. 细辛及其栽培技术 . 辽宁农业职业技术学院学报，7（3）：15 ~ 16

24. 侯晶，徐高云，刘明东 . 2005. 龙胆草栽培技术 . 现代化农业，（2）：17

25. 华爱萍，朱程英，孙庆刚 . 2009. 百合银杏林下种植试验研究 . 山东林业科技，（4）：65 ~ 67

26. 李东，方平 . 2000. 桑园间作白术可增收 . 华夏星火，（3）：52

27. 李隆云，秦松云 . 1994. 华细辛栽培技术研究 . 中国中药杂志，19（5）：272 ~ 274

28. 李万莲，宛志沪 . 2000. 参棚透光率对西洋参生长发育、产量品质的影响 . 人参研究，12（3）：11 ~ 14

29. 李文宪 . 2008. 刺五加人工栽培技术 . 黑龙江科技信息，（4）：24 ~ 25

30. 伶立君，李春伟，徐延春 . 1999. 人参林下栽培技术 . 中国林副特产，48（1）：30

31. 刘刚，崔宝一 . 2004. 东部山区的人参生产及资源保护 . 吉林林业科技，33（3）：37 ~ 38

32. 刘文君 . 2007. 平贝母的栽培技术 . 北京农业，（6）：17 ~ 18

33. 刘晓鹰，王光琰 . 1991. 杉木、柳杉与黄连间作的初步研究 . 生态学杂志，10（4）：30 ~ 34

34. 刘晓鹰 . 1988. 杉木与黄连间作技术 . 林业科技开发（3）：32 ~ 33

35. 卢隆杰，卢苏，卢毓星 . 2007. 林下何首乌栽培技术 . 四川农业科技，（6）：39 ~ 40

36. 苗启军，周帅 . 2010. 桑园间作白术配套技术 . 北方蚕业，31（3）：51 ~ 52

37. 那晓婷，陈桂英，杨鸿雁 . 2001. 平贝母的栽培及加工技术 . 中国林副特产，2（57）：33

38. 朴顺哲，吴强 . 2010. 五味子与平贝母间作种植方法 . 特种经济动植物，（8）：33 ~ 34

39. 秦树有，魏顺新 . 2005. 长白山平贝母林下抚育栽培技术 . 农村科学实验，（1）：30 ~ 30

40. 任海涛 . 2009. 颍东区杨树与中药材复合经营模式浅议 . 江苏林业科技，36（3）：40 ~ 43

41. 苏辉，刘颖 . 2009. 北五味子高产栽培技术 . 中国农技推广，25（4）：28 ~ 29

42. 孙明江，张韬 . 1999. 龙胆草优质高产栽倍技术 . 黑龙江科技信息，（6）：24 ~ 25

43. 田启建，赵致，谷甫刚 . 2007. 中药黄精套作玉米立体栽培模式研究初报 . 安徽农业科学，35（36）：11 881 ~ 11 882

44. 王恭祎，赵波 . 2009. 林地间作 . 北京：中国农业科学技术出版社

45. 王洪成 . 2006. 寒地红姑娘的栽培技术 . 中国林副特产，（4）：72

46. 王继永，王文全，刘勇 . 2003. 林药间作系统对药用植物产量的影响 . 北京林业大学学报，25（6）：55 ~ 59

47. 王继永，王文全等 . 2003. 林药间作系统中药用植物光合作用生理适应性规律研究 . 林业科学研究，16（2）：129 ~ 134

48. 王俊英，郜玉钢 . 2011. 林药间作 . 北京：中国农业出版社

49. 王明东，杨松松 . 2005. 锦灯笼化学成分及药理作用综述 . 辽宁中医学院学报，7（4）：341 ~ 342

50. 王瑞 . 2008. 平贝母栽培技术 . 农村实用技术与信息，（11）：15

51. 王世清，洪迪清，高晨曦 . 2009. 黔产黄精的资源调查与品种鉴定 . 中国当代医药，（8）：50 ~ 51

52. 王淑敏，张江丽，高永闯 . 2008. 三花龙胆的生物学特性及栽培管理 . 北方园艺，（6）：219 ~ 220

53. 王树国，孔杰，邓淑芬 . 2010. 洋参栽培技术 . 现代化农业，（2）：22 ~ 23

54. 王兴福，李岩，黄晓光 . 2008. 辽细辛林药间作 . 特种经济动植物，（11）：39

55. 王艳红，王英范，郑友兰 . 2006. 中药平贝母的研究进展 . 山东农业大学学报，37（3）：479 ~ 482

56. 王锐，李国玉，于青 . 2010. 本溪地区人参野外播种技术的研究 . 内蒙古林业调查设计，33（1）：120 ~ 121

57. 王占军，蒋齐，刘华等.2007. 宁夏干旱风沙区林药间作生态恢复措施与土壤环境效应响应的研究. 水土保持学报，(4)：90～93

58. 魏云洁，吴炳礼，吴强.2010. 平贝母林药间作种植方法. 特种经济动植物，(9)：36～37

59. 肖琳，于萍，杨霁虹等.2007. 豫南板栗林下套种百合不同栽植密度研究. 河南农业科学，(4)：89～90

60. 谢凤勋.2001. 中草药栽培实用技术. 北京：中国农业出版社

61. 徐良.2010. 中药栽培学. 北京：科学出版社

62. 徐姗，董必焰.2009. 华北地区部分乌头属植物资源调查. 江苏农业科学，(6)：421～425

63. 徐有海，李勇，胡兴明等.2011. 桑园间作百合优质高产栽培技术. 蚕桑茶叶通讯，(3)：17～18

64. 薛振东，魏汉莲，庄敬华.2007. 有机肥改土对人参生长发育及产量和品质的影响. 安徽农业科学，35（21)：6 462，6 527

65. 杨随庄，胡钺.1996. 党参组织培养中的微型扦插繁殖. 甘肃农业科技，（5)：37～38

66. 杨新洲，唐春萍，柯昌强等.2008. 蔓生百部的化学成分研究. 天然产物研究与开发，20（3)：399～402

67. 杨玉琴，庄金学.2003. 平贝母的采收、加工技术. 农村实用技术与信息，(3)：48

68. 杨尊峰，何红，王涛等.2009. 杭白菊林下无公害栽培试验. 山东农业科学，(5)：54～55

69. 展云成，鲁英，李方云.2009. 平贝母栽培技术. 中国林副特产，102（5)：72

70. 张爱军.2008. 刺五加的经济价值与栽培技术. 河北林业科技，12（6)：94～96

71. 张海洋，张守平.2002. 龙胆草的价值与栽培技术. 特种经济动植物，（8)：28～29

72. 赵福德，刘孝坤.2005. 北五味子人工栽培技术. 吉林林业科技，34（2)：37～40

73. 赵亚会，辜旭辉，吴连举.2007. 栽培人参种质资源的类别、特点和利用价值研究概况. 中草药，38（2)：294～296

74. 周德本，朱有昌，季景.1988. 西洋参林下栽培试验研究. 国土与自然资源研究，(3)：57～61

75. 周繇.2002. 长白山区黄精属植物的种质资源及其开发利用. 中国野生植物资源，21（2)：34～35

第五章　林花间作

第一节　林花间作的生态景观效应

一、林花间作的意义

林花间作是指在林下种植耐荫性的花卉和观赏植物，充分利用林下空地及资源的一种种植模式。城市化有力地推动了中国社会进步和经济繁荣，同时，也直接导致了城市地区生态的退化。建设城市森林已是形势所迫。在城市，地面被高大建筑和道路所占用，可供专门绿化的面积极其有限。城市森林必须做到见缝插绿，只要花草树木能存活的地面就得想方设法进行绿化。于是林花间作显得尤为重要，在城市森林中，它具有极其重要的生态景观效应。

（一）提高城市森林的生态效益

林花间作能在立体空间中形成最大绿量，在有限的城市空间内，尽可能地增加绿化面积，提高城市森林的生态效益。据北京市对不同植被的测定表明，由乔灌草结合形成的森林群落，其释氧固碳、蒸腾吸热、减尘滞尘、杀菌防污和防疫抗噪等综合生态效益是单一草坪的 4 ~5 倍。

（二）改善乔灌木林生存环境

据研究，行道树健康状况欠佳的一个重要的原因就是林下地表覆盖问题。城市林下地表硬化面积较大，且存在诸多非污染性环境生态问题，致使土壤堆垫性严重、通透性差、pH 值升高、微生物减少、养分含量降低，这严重影响了行道树健康状况的提高和生态效益的发挥。实施林花间作，使用有机地表覆盖物，可有效改善乔灌木林的健康状况。

（三）给人以美的享受

地被植物是园林造景的重要植物材料，具有观花、观叶和观果等多种观赏价值，可丰富绿地的色彩和季相变化，增加园林景观，提高城市园林绿化质量。

二、城市森林的适宜树种

（一）抗毒木本植物

1. 对二氧化硫抗性强的树种 冷杉、七叶树、槐树、锦带花、山松、冬青、乌柏、桧柏、白玉兰、黄栌、连翘、栾树、泡桐、丝绵木、大叶黄杨、构树、合欢、丁香、榆树、梓树、银杏、华柽柳、糠椴、山皂角、杜梨、鸡爪槭、珍珠梅、枣树、桑、悬铃木、月季、金银花、太平花、白皮松、小叶女贞、梧桐、臭椿、刺槐、鹅掌楸、红叶李等。

2. 对氯气抗性强的树种 女贞、大叶黄杨、蚊母、风尾兰、侧柏、龙柏、桧柏、木槿、角枫、黄连木、山楂、丝绵木、皂荚、榆树、白蜡、柽柳、臭椿、紫薇、合欢、槐树、柿树桑、枣树、丁香、黄刺玫、紫叶小檗、忍冬、连翘、构树、五叶地锦、金银木等。

3. 对氯化氢抗性强的树种 大叶黄杨、核桃、银白杨、楸树、木槿、泡桐、山茶、梧桐、桧柏、侧柏、血角枫、构树、山楂、玉兰、紫薇、槐树、白蜡、枣树、胡颓子、刺槐、臭椿、月季、石榴、皂荚、榆树、小叶女贞、龙柏、金银花、丝绵木等。

4. 对氟化氢抗性强的树种 国槐、臭椿、龙爪槐 、悬铃木、白皮松、侧柏、丁香、山楂、连翘、金银花、小檗、小叶女贞、大叶黄杨、地锦、五叶地锦、刺槐、桑、火炬树、杜仲、文冠果、紫藤、美国凌霄、华山松等。

（二）耐旱木本植物

侧柏、圆柏、龙柏、刺柏、平枝栒子、石榴、蜡梅、小檗、紫叶小檗、贴梗海棠、紫荆、连翘、金钟花、锦带花、木槿、紫薇、华柽柳、枫杨、旱柳、二乔玉兰、合欢、刺槐、臭椿、黄栌、枣树、梧桐、柿树、白蜡、构树、沙地柏 、五叶地锦等。

城市森林是由点、块、带、网、片相结合形成的一个完整的景观系统。但不同区域立地条件是不同的，如道路绿地、公园绿地、居住区绿地的空气污染成分不同。同时，在不同的绿地土壤条件，养护水平也不同。

三、城市绿化区

（一）道路绿化区

道路绿化在城市森林系统中占有很大比重。由于道路沿线尾气污染严重，在树种选择上多选用抗 SO_2 及耐旱树种。目前使用较多的行道树种有悬铃木、椴树、白榆、七叶树、枫树、喜树、银杏、杂交马褂木、樟树、广玉兰、乐昌含笑、小叶女贞、青桐、杨树、柳树、槐树、池杉、水杉等。行道树多为落叶乔木树种，树冠稀疏高大，林下透光性较好，但道路绿化多以种植池及种植带的形式出现，形成连续狭窄的绿带，土壤透气性差，水分含量低。适宜配植耐半阴、耐干旱花卉植物。

（二）公园绿化区

公园由于有大面积的植物存在，乔灌草复层结构覆盖率较高，形成的森林林冠稠密，林下光照较弱，湿度较大，适宜种植喜阴植物花卉。

（三）居住区与厂区绿化区

居住区和厂区绿化主要是为净化空气、杀菌、减噪等作用，有针对性地选择对有害气体抗性较强及吸附粉尘、隔音效果较好的树种。树林较疏散，林下通透性较好，但由于有建筑物的遮蔽，四周需根据阳光强弱，选择耐半阴和喜阴花卉配植。

四、适宜间作的花卉种类

（一）一年生、二年生草本

一年生、二年生草本植物主要取其花开鲜艳，大片群植形成大的色块，能渲染出热烈的节日气氛。如三色堇、二月兰、金盏菊等。

1. 三色堇　又名蝴蝶花、鬼脸花、猫儿脸等。堇菜科，堇菜属。多年生草本，常作二年生栽培。原产南欧。性喜凉爽而忌炎热，在湿润肥沃的土壤上生长良好。三色堇早春开花，花色奇特，犹如彩蝶，颇为美丽，是布置春季花坛的重要草花，适宜于小径两侧做镶边栽植。

2. 二月兰　又名菜子花、紫金草（日本）。十字花科，诸葛菜属。一年生草本。株高20~70cm，一般多为30~50cm。耐寒性强，又比较耐荫，对土壤要求不严。二月兰作为优良的地被植物，广泛分布于中国东北、华北地区，遍及北方各省市。常野生于平原、山地、路旁、地边或杂木林林缘。在北京属于早春的花种。宜栽于林下、林缘、住宅小区、高架桥下、山坡下或草地边缘，既可独立成片种植，也可与各种灌木混栽，形成春景特色。

3. 金盏菊　又名长生菊、金盏花、长春菊、黄金盏等。为菊科金盏菊属草本花卉。金盏菊原产欧洲，18世纪后从国外传入中国。金盏菊植株矮生，花朵密集，花色鲜艳夺目，花期长，多用于花坛、花带、花境的配置材料，也可作为草地镶边植物，是早春园林和城市中最常见的草本花卉。

（二）多年生草本

多年生草本植物在地被植物中占有很重要的地位。多年生草本植物生长低矮，宿根性，管理粗放，开花见效快，色彩万紫千红，形态优雅多姿。重要的多年生草本地被植物有玉簪类、石蒜、葱兰、麦冬、鸢尾类、萱草类等。

1. 玉簪　又名白玉簪、玉春棒、白鹤花。百合科，玉簪属。多年生草本，宿根花卉。原产中国及日本。性强健，耐寒冷，特别喜欢阴湿环境。对土壤要求不严。适宜栽于林下草地、岩石园及建筑物的阴面，或成丛点缀于多年生混合花境中，是一种很有发展前途的耐阴性观叶、观花植物。

2. 萱草　又名黄花菜。百合科，萱草属。多年生草本，宿根花卉。株高0.6～1m。原产中国、欧洲及日本等地。性强健，耐寒，在北方可露地越冬。喜阳光充足，也耐半荫，对环境适应性较强。对土壤要求不严，以富含腐殖质、排水良好的壤土为好。多植于小路两侧的花径、花带，或在林间草地、山石水旁丛植点缀。近似种类有黄花，也称金针菜。

3. 百合类　百合科，百合属。多年生草本，球根花卉。株高50～150cm。常见栽培品种有：麝香百合（铁炮百合）、王百合（峨眉百合、王香百合）、卷丹（虎皮百合）、兰州百合（大卫百合）、鹿子百合、山丹百合（野百合）等。性强健，喜凉爽、湿润气候。喜富含腐殖质、土层深厚、排水良好的微酸性土壤，土壤过湿易烂根。适半阴，忌连作，大部分种类耐寒性较强，在华北可以露地越冬。百合花大形美，香气宜人，花期较长，容易栽培，并且鳞茎多可食用，是很有发展前途的花卉。

4. 葱兰　又名葱连、白玉帘、白花菖蒲莲。石蒜科，玉帘属。多年生矮小草本，球根花卉。原产美洲温带和热带地区，中国常见栽培。喜肥沃而略黏质土壤，能于低湿及半荫处生长，阳光充足开花较多。沪、杭一带可露地越冬，且四季常青。忽兰矮小整齐，开花繁多，最宜小路两侧带状纯植，也可在疏林下作地被布置。近似种类有韭兰，又名菖蒲莲、玉帘、韭莲、风雨花。

5. 石蒜　又名螳螂花、老鸭蒜、红花石蒜。石蒜科，石蒜属。多年生草本，球根花卉。石蒜花色鲜艳，形态雅致，最适宜作林下地被布置；也可成丛栽植。因其叶片稀疏，尤其花时无叶，为避免地面裸露，应与垂盆草、低矮的蕨类及其他夏季枝叶繁茂、耐荫的草本混种，相得益彰。同属常见相似的种类有：鹿葱（叶落花挺）、忽地笑（黄花石蒜）等。

6. 鸢尾　又名蓝蝴蝶、草玉兰等。鸢尾科，鸢尾属。多年生草本，宿根花卉。株高30～60cm。原产中国中部。喜阳光充足，耐半阴。耐寒性强，在北京冬季不加防护可安全越冬。喜水湿、微含石灰质的弱碱性土壤。鸢尾对HF反应灵敏，可用来监测大气污染。同属种类有：要求高燥土壤生长的有德国鸢尾、银苞鸢尾。要求略阴湿环境的有蝴蝶花、扁竹兰。喜多湿沼泽地生长的有黄菖蒲、燕子花、花菖蒲、溪荪。

7. 麦冬类　本类为百合科，麦冬属。多年生常绿草本植物。原产中国及东亚地区。喜阴湿，忌阳光直射。在长江流域均可露地过冬；北方有些种类也有野生，但冬季叶枯，不常绿。对土壤适应性强。是良好的半荫处地被植物。

8. 沿阶草　又名绣墩草、书带草。百合科，沿阶草属。多年生常绿草本植物。高10～30cm。原产中国及日本，中国中部及以南地区均有分布。喜半阴，也耐浓荫。宜生长于湿润而通风良好的环境。有一定耐寒性，中国中部一带可露地过冬。露地多栽于半荫处或林下。

9. 铃兰　又名君影草、草玉玲。百合科，铃兰属。多年生草本，宿根花卉。高15～30cm。原产北温带，广布欧、亚、美三洲。中国东北、秦岭及北京郊区山林下常成片野生。喜凉爽湿润及半阴环境。忌炎热，炎夏时叶枯而休眠。宜在腐殖质丰富的土壤中生长。耐寒性强。

10. 酢浆草　又名酸浆草、酸酸草、斑鸠酸、三叶酸、盐酸仔草、酸箕、三叶酸草、

酸母草、鸠酸草、小酸茅、雀林草、酸浆、赤孙施、酸啾啾、田字草、雀儿草、酸母草、小酸苗、酸草、三角酸、雀儿酸、斑鸠草、酸味草、酸迷迷草、三叶酸浆、酸斑苋、咸酸草、酸酢草、酸得溜、铺地莲、酸梅草、三叶破铜钱、黄花梅、老鸭嘴、黄花草、六叶莲、野王瓜草、王瓜酸、冲天泡、长血草、酸芝草、酸批子、东阳火草、水晶花、蒲瓜酸、鹁鸪酸三梅草、老鸦酸、七叶草。多年生草本。喜向阳、温暖、湿润的环境，夏季炎热地区宜遮半阴。抗旱能力较强，不耐寒，一般园土均可生长，但以腐殖质丰富的沙质壤土生长旺盛，夏季有短期的休眠。中国南北各地都有分布。普遍分布生于路边草丛或田野、家前屋后。

11. 瞿麦　石竹科，石竹属。多年生宿根草本。中国南北均有野生。喜阳光，略耐半阴。宜湿润土壤及凉爽气候，适应性强。园林中，常自然式丛植于路旁、灌木丛外围。近似品种还有长夏石竹、少女石竹等。

第二节　林地种花技术简介

一、玉簪林下栽培技术

玉簪（*Hosta plantaginea* Aschers），又称玉春棒、白鹤花、玉泡花、白玉簪等。百合科玉簪属。园林中，多植于林下作地被，或植于建筑物庇荫处以衬托建筑，或配植于岩石边。

（一）特征特性

1. 形态特征　多年生宿根草本植物。株高 30～50cm。叶基生成丛，卵形至心状卵形，基部心形，叶脉呈弧状。总状花序顶生，高于叶丛，花为白色，管状漏斗形，浓香。花期 6～8 月。

2. 生活习性　性强健，耐寒冷，喜阴湿，忌阳光直射。喜欢略微湿润的气候环境，要求生长环境的空气相对湿度在 50%～70%。喜温暖气候，但夏季高温、闷热（35℃以上，空气相对湿度在 80%以上）的环境不利于生长；对冬季温度要求很严，当环境温度在 10 ℃以下停止生长，在霜冻出现时不能安全越冬。不择土壤，但以排水良好、肥沃湿润处生长繁茂。原产于中国及日本，中国各地均有栽培。

（二）种植技术

1. 选地与整地　玉簪花喜湿润的半荫环境，要求排水良好、富含腐殖质的肥沃壤土。如果在华北地区的盐碱土壤种植玉簪，应更换 50cm 厚的肥沃客土，掺入 10cm 厚的炉灰、锯末等作为隔离层。种植地宜选择没有阳光直晒的荫蔽处，否则，会使叶片变为黄白色，严重时会发生焦枯现象。玉簪植于树下、建筑物背阴处长势较好，花鲜艳，叶浓绿色。整地时，施腐熟有机肥4 000～5 000kg/亩，深翻细肥充分混合后作为基肥。

2. 繁殖　玉簪花可以通过分株、播种或组织培养进行繁殖，但实际生产中，多在春

秋季节进行分株繁殖。

（1）分株繁殖　分株繁殖极易成活。玉簪栽植一年后，一般萌发3～4个芽，即可进行分株。在北方地区，多于春季3～4月玉簪萌芽前进行分株。分株时将老株挖出，晾晒1～2d，使其失水，以免太脆，切时易折。用快刀切分，切口涂木炭粉后栽植。根据根、茎生长状况，可分成1株1个芽，也可以分成每丛带有3～4个芽。分根后浇一次透水，以后浇水不宜过多，以免烂根。分株后另行栽植，一般当年即可开花。玉簪的母株，隔2～3年一定要进行分株，否则，生长不茂盛。

（2）播种繁殖　播种繁殖可在9月份于室内盆播，在20℃温度条件下约30d可发芽出苗，春季将小苗移至露地，培养2～3年即可开花。也可将种子晾干贮存于干燥、冷凉处，翌年3～4月再播种。

3. 田间管理

（1）定植　玉簪花多为穴植，栽植时，穴要挖得大些。按照株行距60cm×40cm，穴深15～20cm，进行栽植。栽植时要深浅适中，浅不露根，深不埋心，覆土后与地面持平。

（2）除草　缓苗后即开始结合中耕除草。整个生育期除草3～4次。

（3）肥水管理　待植株成活后穴施或撒施肥料，初次施肥可每平方米施尿素或磷酸二铵15g，后增至35g。基肥不足时，可于开花前施些P、K肥，以保证花繁叶茂，花期停止施肥。春季生长旺盛时期，可每月施肥一次，以N肥为主。栽植后要浇一次透水。由于玉簪喜湿不耐旱，生长期间要注意浇水，保持土壤湿润，不宜过干，但又不能过量而产生积水，否则，易造成玉簪死亡。

①浇足浇透返青水　在初春，由于经过一个冬天，土壤的含水量较低，较干旱，盐碱上返。如果此时水分供应不足，玉簪花就会因缺水或生理干旱而死亡。春天当表层土出现昼融夜冻，玉簪开始发芽生长时，一定要浇足返青水，浇水应渗透土表30cm左右，浇水方式以大水漫灌为宜。随地表温度的逐渐升高，玉簪地上部分和根系开始加速生长。浇水次数不要过多，否则，会造成玉簪的根集中于土表。有效控制水分，可促使根系向下扎，有利于培养强大的根系。三四月小雨过后，及时浇一次透水，浇水深度以20～30cm为宜，防止返上来的盐碱将对玉簪的幼芽造成伤害，使玉簪死亡。清晨是玉簪灌溉最佳时间，而早春以中午为宜，因为此时水温较高，灌水后不易伤害根系。

②重视夏季浇水　夏季虽然是多雨季节，但降雨并不均衡，降雨间隔时间有时会很长，此时必须进行浇水。华北地区雨季在七八月，雨水较多，蒸发量较大，而且空气湿度大，高温高湿，在此期间除注意玉簪排涝外，每月要浇一遍透水，特别是小雨过后要注意补水，防止返盐碱而烧伤叶面。浇水时要一次浇透土层30cm深，不要少量多次浇水，应等玉簪出现轻微萎蔫时再进行灌溉。浇水时间以日出为最佳时间，原则上晚上要保持叶面干燥，防止发病。尽量不要在傍晚或晚上给植株浇水，此时容易感染病毒，应配合使用杀菌剂。值得注意的是，一定不要在高温的中午浇水，否则，容易造成植株灼伤和感病，一旦发生很难补救。

浇水要均匀一致，防止过干或过湿，过湿易引起根部病害。

（4）修剪　花后不需结实者，可剪去残花。秋冬地上部分枯萎，进入冬季休眠，此时可将地上部分剪掉。

（5）防寒 在华北地区盐碱地上一定要浇好封冻水，并松土施入有机肥，先在根系附近覆盖细沙，以防宿根受冻。

4. 病虫害防治

（1）病害 玉簪花的主要病害是锈病、炭疽病和灰斑病。病害发生时用65%代森锰锌可湿性粉剂500～800倍液，或50%多菌灵可湿性粉剂和50%退菌特可湿性粉剂700～1 000倍液，70%百菌清可湿性粉剂1 200倍液等交替使用。每7～10d喷施一次，连续喷施3～4次，防治效果较好。

（2）虫害 玉簪花的主要虫害有蜗牛、蚜虫等。防治蜗牛时，可用6%蜗克星颗粒剂每100m^2 50～100g，混合沙土1.5～2.5kg均匀撒施，使蜗牛易于接触药剂。防治蚜虫时，可喷施6%吡虫啉乳油3 000～4 000倍液，或2.5%溴氰菊酯乳油3 000倍液，或2.5%功夫乳油3 000倍液等药剂，防治效果较好。

（余小玲，郭自军）

二、百合林下栽培技术

百合（*Lilium brownii* var. *viridulum*），又名强瞿、番韭、山丹、倒仙。百合科百合属。百合原为生长在中国西南与西北部山野林内及草丛中的短日照植物，故大多数品种性喜凉爽、湿润的半阴环境，较耐寒冷。适宜疏林下种植。

（一）特征特性

1. 形态特征 多年生球根草本花卉。株高40～60cm，还有高达1m以上的。茎直立，不分枝，草绿色，茎秆基部带红色或紫褐色斑点。地下具鳞茎，鳞茎阔卵形或披针形、白色或淡黄色、直径由6～8cm的肉质鳞片抱合成球形，外有膜质层。多数须根生于球基部。单叶，互生，狭线形，无叶柄，直接包生于茎秆上，叶脉平行。有的品种在叶腋间生出紫色或绿色颗粒状珠芽，其珠芽可繁殖成小植株。花着生于茎秆顶端，呈总状花序，簇生或单生。花冠较大，花筒较长，呈漏斗形喇叭状，六裂。无萼片。因茎秆纤细，花朵大，开放时常下垂或平伸。花色因品种不同而色彩多样，多为黄色、白色、粉红色、橙红色，有的具紫色或黑色斑点，也有一朵花具多种颜色的，极美丽。花瓣有平展的，有向外翻卷的，故有“卷丹”美名。有的花味浓香，故有“麝香百合”之称。花落结长椭圆形蒴果。

2. 生活习性 百合喜凉爽潮湿环境，日光充足、略荫蔽的环境对百合更为适合。忌干旱、忌酷暑，耐寒性稍差些。百合生长、开花温度为16～24℃，低于5℃或高于30℃生长几乎停止，10℃以上植株才正常生长，超过25℃时生长又停滞，如果冬季夜间温度低于5℃持续5～7d，花芽分化、花蕾发育会受到严重影响，推迟开花甚至盲花、花裂。百合喜肥沃、腐殖质多、深厚土壤，最忌硬黏土；排水良好的微酸性土壤为好，土壤pH值为5.5～6.5。

（二）种植技术

1. 选地与整地 栽种百合花，宜选择向阳避风处、略有荫蔽的地方。种前一个月施

足基肥，并深翻土壤，可用堆肥和草木灰作基肥。

2. 繁殖 百合的繁殖方法有播种、分小鳞茎、鳞片扦插和分珠芽等4种，可根据需要任选一种。

（1）播种法繁殖 播种属有性繁殖，主要在育种上应用。秋季采收种子，贮藏到翌年春天播种。播后20~30d发芽。幼苗期要适当遮阳。入秋时，地下部分已形成小鳞茎，即可挖出分栽。播种实生苗因种类的不同，有的3年开花，也有的需培养多年才能开花。

（2）分小鳞茎法 通常在老鳞茎的茎盘外围长有一些小鳞茎。在9~10月收获百合时，可把这些小鳞茎分离下来，贮藏在室内的沙中越冬。翌年春季上盆栽种。培养到第三年9~10月，即可长成大鳞茎而培育成大植株。此法繁殖量小，只适宜家庭盆栽繁殖。

（3）鳞片扦插法 此法可用于中等数量的繁殖。秋天挖出鳞茎，将老鳞上充实、肥厚的鳞片逐个分掰下来，每个鳞片的基部应带有一小部分茎盘，稍阴干，然后扦插于盛好河沙（或蛭石）的花盆或浅木箱中，让鳞片的2/3插入基质，保持基质一定湿度。在20℃左右条件下，约一个半月，鳞片伤口处即生根。冬季湿度宜保持18℃左右，河沙不要过湿。培养到翌年春季，鳞片即可长出小鳞茎。

（4）分珠芽法 分珠芽法繁殖，仅适用于少数种类。如卷丹、黄铁炮等百合，多用此法。将地上茎叶腋处形成的小鳞茎（又称“珠芽”，在夏季珠芽已充分长大，但尚未脱落时）取下来培养。从长成大鳞茎至开花，通常需要2~4年的时间。为促使多生小珠芽供繁殖用，可在植株开花后，将地上茎压倒并浅埋土，将地上茎分成每段带3~4片叶的小段，浅埋茎节于湿沙中，则叶腋间均可长出小珠芽。

3. 田间管理 百合适宜N肥，以豆饼、菜饼，农家堆肥和N、P、K复合肥为最好。在百合的生长期要勤松土、除草，结合浇水施肥进行中耕。一般在生长期施稀释液肥2~3次，以促其株苗生长发育。将近孕蕾开花时，施1~2次P、K肥，以保证株苗在孕蕾和开花期有充足营养，不仅可使花朵硕大，色鲜，并可促进球茎的发育。大面积栽植，要注意通风透气和适当遮阳，若小面积栽植或盆栽，对花多而枝秆纤细柔弱的观赏品种要设立支架，以防花枝折断。百合虽病虫害较少，但也要注意防治。

生长期间不宜中耕除草，以免损伤根茎。若有条件，可在种植地面撒一些碎木屑作土壤覆盖。这样，既可防止杂草生长，又可保墒和降低土壤湿度，以利鳞茎发育。

（1）定植 种植时间以8~9月为宜。因为冬前虽然不能出苗，但鳞茎在土内发根好，翌年春出苗早，并且幼苗的生长势比春植的旺盛，产量也高。在长江中下游地区，栽植适期是9~10月间；气候严寒地区，为了避免冻害，最好在春季解冻后尽早栽植。选择只有一个鳞芽，无病虫伤害、洁白、无霉点、鳞茎无损伤、鳞片紧密抱合而不分裂、中等大小（单个鳞茎大形种直径3.3~5cm、重100~125g，小形种重25~30g）的鳞茎栽植，严格剔除畸形、夹有烂瓣的种球。行株距是35~40cm×20~30cm，按行距开栽植沟，沟深为种球的3倍。锄松沟底土，然后按株距栽下种球，鳞茎尖一定要朝上。在种球周围填入细土，将种球固定；再在每2个种球之间施入底肥，注意底肥不能接触种球；最后用土将沟填满，并且稍微高出地面，以利排水。栽植后盖草，或撒盖腐熟堆肥（2 000~2 500 kg/亩），便于冬季防冻、保墒。

（2）中耕除草 百合定植后，年前要中耕除草1~2次；开春后，要中耕除草3~4

次；入梅（梅雨开始的时期）后，一定要消灭杂草。百合的根系入土较浅，再生能力弱，因此，中耕宜浅不宜深。追肥后进行中耕结合培土，防止鳞茎露出土面和促进流水畅通；培土不能过厚，以免影响植株发育（以鳞茎着生的位置约在15cm深的土层中为度）。

（3）肥水管理 春季发芽出苗一周后，在植株根旁开浅沟，每亩施入腐熟厩肥1 000 kg左右和饼肥150kg。夏季植株生长旺盛时期，在植株的一侧开浅沟，施第二次肥，亩施腐熟厩肥1 000kg、饼肥25～50kg。摘花蕾后，在植株的另一侧开浅沟，每亩施入尿素10～15kg，促使鳞茎快速膨大。在开花期喷洒0.2%的磷酸二氢钾液2次，每次每亩用肥2～2.5kg，可提高产量、改善品质、加强抗病性。N肥不能多施，以免茎叶柔弱容易害病和影响鳞茎色泽。追肥要在秋分前40d结束，否则，茎叶徒长，抑制鳞茎发育。紫金山百合施足底肥后，可以不再追肥，以免促使茎叶徒长和恋青。

百合怕涝又怕旱。排水不良，容易生腐烂病。因此，应做到沟路畅通，下雨后立即排除积水，做到雨停水干。夏季如果高温少雨，应及时灌水。要经常保持土壤湿润，不能发生干旱。

（4）植株调整 植株调整包括除蘖、摘花、摘珠芽、摘顶等。春季出苗时，保留一条健壮茎，其余的都除去，以免引起鳞茎分裂。5月末和6月初，摘除花蕾和珠芽，以减少养分消耗，有利鳞茎膨大。为了促进鳞茎膨大、防止开花和茎叶生长过旺，应在发生花蕾时，立即用剪刀把顶端1～2片幼叶剪除，以抑制地上部生长。摘顶过早、过晚都不好，一般品种以在小满摘心为宜，紫金山百合以立夏摘心为宜。生长中期，如果茎秆疯长，应将1.3m以上部分剪去。

4. 病虫害防治 百合花的几种常见病害有百合花叶病、鳞茎腐烂病、斑点病、叶枯病等。

（1）百合花叶病 此病又叫百合潜隐花叶病。病发时叶片出现深浅不匀的褪绿斑或枯斑，被害植株矮小，叶缘卷缩，叶形变小，有时花瓣上出现梭形淡褐色病斑，花畸形，且不易开放。防治方法：①选择无病毒的鳞茎留种；②加强对蚜虫、叶蝉的防治工作；③发现病株及时拔除并销毁。

（2）斑点病 此病初发时，叶片上出现褪色小斑，扩大后呈褐色斑点，边缘深褐色。以后病斑中心产生许多的小黑点，严重时，整个叶部变黑而枯死。防治方法：摘除病叶，并用65%代森锌可湿性粉剂500倍稀释液喷洒一次，防止蔓延。

（3）鳞茎腐烂病 发病后，鳞茎产生褐色病斑，最后整个鳞茎呈褐色腐烂。防治方法：发病初期，可浇灌50%代森铵300倍液。

（4）叶枯病 多发生在叶片上，多从下部叶片的尖端始发病，发病后叶上产生大小不一的圆形或椭圆形不规则状病斑，因品种不同，病斑浅黄色至灰褐色。严重时，整叶枯死。防治方法：发病初期摘除病叶，7～10d喷洒一次1%等量式波尔多液，或50%退菌特可湿性粉剂800～1 000倍液，喷3～4次即可。

（郭自军，佘小玲）

三、酢浆草林间种植技术

酢浆草（*Oxalis corniculata* L.），又名酸浆草、酸酸草、斑鸠酸、三叶酸、酸咪咪、

钩钩草等。酢浆草科酢浆草属。性喜荫蔽、湿润的环境，中国南北各地都有分布。生于山坡草地、河谷沿岸、路边、田边、荒地或林下阴湿处等。适宜林下种植。

（一）特征特性

1. 形态特征 多年生草本植物，高 10～35cm，全株被柔毛。根茎稍肥厚。茎细弱，多分枝，直立或匍匐，匍匐茎节上生根。叶基生或茎上互生；托叶小，长圆形或卵形，边缘被密长柔毛，基部与叶柄合生，或同一植株下部托叶明显而上部托叶不明显；叶柄长 1～13cm，基部具关节；小叶 3，无柄，倒心形，长 4～16mm，宽 4～22mm，先端凹入，基部宽楔形，两面被柔毛或表面无毛，沿脉被毛较密，边缘具贴伏缘毛。花单生或数朵集为伞形花序状，腋生，总花梗淡红色，与叶近等长。花梗长 4～15mm，果后延伸；小苞片 2，披针形，长 2.5～4mm，膜质；萼片 5，披针形或长圆状披针形，长 3～5mm，背面和边缘被柔毛，宿存；花瓣 5，黄色，长圆状倒卵形，长 6～8mm，宽 4～5mm；雄蕊 10，花丝白色半透明，有时被疏短柔毛，基部合生，长、短互间，长者花药较大且早熟；子房长圆形，5 室，被短伏毛，花柱 5，柱头头状。蒴果长圆柱形，长 1～2.5mm，5 棱。种子长卵形，长 1～1.5mm，褐色或红棕色，具横向肋状网纹。花期、果期 2～9 月。

2. 生活习性 喜向阳、温暖、湿润的环境，夏季炎热地区宜遮半阳。抗旱能力较强，不耐寒，一般林地均可生长，但以腐殖质丰富的沙质壤土生长旺盛。夏季有短期的休眠。分布于亚洲温带和亚热带、欧洲、地中海沿岸和北美洲，中国各地皆有分布。

（二）种植技术

1. 选地与整地 选用排水良好的沙质土壤。黏土不利于生长，要适当换土。整地时，施入有机肥、复合肥，细筛，耙平，夯实，并保持 5°左右坡度，便于排水。一定要留足排水口，避免雨季积水。

2. 繁殖 球茎繁殖和分株繁殖是主要繁殖方式，也有以种子繁殖的。红花酢浆草的连体茎可以分离为母球茎、芽球茎、叶球茎 3 种。这 3 种球茎中母球茎具有直接分生球茎的能力，直径 2～2.5cm，具残留叶痕，在叶痕处着生有潜伏芽，可先后萌发长成球茎。芽球茎为母球茎上生长的幼球，球体直径为 0.5～0.8cm。叶球茎是由芽球茎生长的长出叶片的带叶球茎，可开花，1.2～1.5cm，当其生长发育后即成为母球茎。据试验，单球茎的繁殖系数高，平均每个单球茎可获得球茎 15～17 个。母球茎、叶球茎单体露地栽植成活率相差无几，但以叶球茎的繁殖系数最高。一般情况下，红花酢浆草繁殖以春秋为主。为增加繁殖系数，在分球茎繁殖的基础上，也可将球茎根据大小切成 2～6 瓣繁殖。栽培两年的球茎，每株可繁殖 20～30 株，成活率高，生长快，一个月前后就可开花。

3. 田间管理

（1）定植 酢浆草发芽早，落叶迟，栽培以春初，秋末为宜。不要在盛花期移栽，栽植间距 15cm×15cm。栽后浇透水，成活容易，发芽即开花，当年就能出效果。

（2）除草 整地时，筛出草根，减少杂草。春季加强管理，使草坪迅速生长，增强与杂草竞争力。要及时清除少量萌发的杂草，做到有杂草就拔掉。通过一年的良好管理，杂草便不再生长。

（3）肥水管理 以喷灌，滴灌为宜，最好不要漫灌，做到土壤潮而不湿，利于酢浆草的生长。

4. 病虫害防治 酢浆草生长茂密，下部通风透光差，高温高湿易发生白粉病，叶子发黄霉烂，可喷三唑酮，托布津等杀菌剂。另外，5 月初红蜘蛛开始为害。由于酢浆草叶浓密，防治困难，所以，必须以防治为主。4 月温度升高时开始喷施杀螨剂，不能在红蜘蛛大发生时才防治。

（佘小玲，周成贤）

四、桔梗林下种植技术

桔梗［*Platycodon grandiflorum*（Jacq.） A. DC.］，又名包袱花、铃铛花、僧帽花。桔梗科桔梗属植物。桔梗为耐旱植物，多生长在沙石质的向阳山坡、草地、稀疏灌丛及林缘。适宜疏林林下或林缘种植。

（一）特征特性

1. 形态特征 多年生草本植物，全株光滑，高 40 ~ 50cm，体内具白色乳汁。根肥大肉质，长圆锥形或圆柱形，外皮黄褐色或灰褐色。茎直立，上部稍分枝。叶近无柄，茎中部及下部对生或 3 ~ 4 叶轮生；叶片卵状披针形，边缘有不整齐的锐锯齿；上端叶小而窄，互生。花单生或数朵呈疏生的总状花序。花萼钟状，裂片 5；花冠阔钟状，蓝紫色，白色或黄色，裂片 5；雄蕊 5，与花冠裂片互生；子房下位，卵圆形，柱头 5 裂，密被白色柔毛。蒴果倒卵形，先端 5 裂。种子卵形，黑色或棕黑色，具光泽。花期 7 ~ 9 月，果期 8 ~ 10 月。

2. 生活习性 桔梗为深根性植物，根粗随年龄而增大，当年主根长可达 15cm 以上；翌年的 7 ~ 9 月为根的旺盛生长期。采挖时，根长可达 50cm。幼苗出土至抽茎 6cm 以前，茎的生长缓慢，茎高 6cm 至开花前（4 ~ 5 月）生长加快，开花后减慢。至秋冬气温 10℃以下时倒苗，根在地下越冬，一年生苗可在 -17℃的低温下安全越冬。种子在 10℃以上时开始发芽，发芽最适温度在 20 ~ 25℃，一年生种子发芽率为 50% ~ 60%，二年生种子发芽率可达 85% 左右。出芽快而齐。种子寿命为一年。桔梗喜温和凉爽气候。苗期怕强光直晒，须遮阳，成株喜阳光怕积水。抗干旱，耐严寒，怕风害。野生多见于向阳山坡及草丛中；栽培时宜选择海拔 1 100m 以下的丘陵地带，对土质要求不严，但以栽培在富含 P、K 的中性类沙土里生长较好，追施 P 肥，可以提高根的折干率。主产山东、江苏、安徽、浙江、四川等省。全国各地均有分布。

（二）种植技术

1. 选地与整地 选用阳光充足，土层深厚的坡地或排水良好的平地种植，以沙质壤土、壤土或腐殖土为宜。每亩施土杂肥 4 000kg 作底肥，深耕 30 ~ 40cm。整细耙平，做成宽 1.2 ~ 1.5m 的畦。

2. 繁殖 繁殖方式以种子繁殖为主。用二年生桔梗结的种子繁殖，一般单产可比一年生桔梗结的种子（俗称“娃娃种”）高 30% 以上。

（1）种子处理　将种子置于50～60℃的温水中，不断搅动，并将泥土、瘪子及其他杂质漂出，待水凉后，再浸泡12h。或用0.3%高锰酸钾溶液浸种12h，可提高发芽率。

（2）播种期　秋播、冬播及春播均可，但以秋播为好。秋播当年出苗，生长期长，结果率和根粗明显高于翌年春播者。

（3）播种方法　一般采用直播，也可育苗移栽。直播产量高于移栽，且根形分杈小，质量好。在生产上多采用条播，在畦面上按行距20～25cm开条沟，深4～5cm，播幅10cm。为使种子播得均匀，可用2～3倍的细土或细沙拌匀播种，播后盖火灰或覆土2cm。用种量直播750～1 000g/亩，育苗350～500g/亩。

3. 田间管理

（1）定苗　苗高2cm时适当疏苗，苗高3～4cm时定苗，以苗距10cm左右留壮苗1株。补苗和间苗可同时进行，带土补苗易于成活。

（2）除草　由于桔梗前期生长缓慢，故应及时除草。一般3次，第一次在苗高7～10cm时，一月之后进行第二次，再过一个月进行第三次，力争做到见草就除。

（3）肥水管理　一般对桔梗进行4～5次追肥。苗齐后追肥1次，每亩施有机肥1 000kg，以促进壮苗；6月中旬每亩施有机肥1 000kg及过磷酸钙50kg；8月再追肥1次；入冬植株枯萎后，结合清沟培土再追肥1次。翌年苗齐后，追施有机肥1 000kg，以加速返青，促进生长。整个生育期适当施用N肥、以农家肥为主，配施P、K肥，培育粗壮茎秆，防止倒伏，并能促进根的生长。无论是直播还是育苗移栽，天旱时都应浇水。雨季田内积水，桔梗很易烂根，应注意排水。

（4）除花蕾　苗高10cm时，二年生留种植株进行打顶，以增加果实的种子数和种子饱满度，提高种子产量。而一年生或二年生的非留种用植株一律除花，以减少养分消耗，促进地下根的生长。在盛花期喷施1ml/L的乙烯利1次可基本上达到除花目的，产量较不喷施者增加45%。

4. 病虫害防治

（1）病害　轮纹病和纹枯病主要为害叶片。发病初期可用1：1：100波尔多液或50%多菌灵1 000倍液喷施防治。

（2）虫害　拟地甲为害根部，可在5～6月幼虫期用50%辛硫磷1 000倍液喷杀。蚜虫、红蜘蛛为害幼苗和叶片，可用低毒药剂防治。

菟丝子在桔梗地里能大面积蔓延，可将菟丝子茎全部拔掉，为害严重时连桔梗植株一起拔掉，并深埋或集中烧毁。

此外，尚有蝼蛄、地老虎和蛴螬等为害，可用毒饵诱杀。

（三）采收与加工

播种两年或移栽当年的秋季，当叶片黄萎时即可采挖。采收时，先割去茎叶、芦头，从地的一端起挖，一次深挖取出。将根部泥土洗净后，浸在水中，趁鲜用竹片或玻璃片刮去表面粗皮，洗净，晒干或用无烟煤火炕干即成。

（四）留种

桔梗花期较长，果实成熟期很不一致。留种时，应选择二年生的植株，于9月上中旬剪去弱小的侧枝和顶端较嫩的花序，使营养集中在上中部果实。10月当蒴果变黄色，果顶初裂时，分期分批采收。采收时应连果梗、枝梗一起割下，先置室内通风处后熟3～4d，然后再晒干，脱粒，去除瘪子和杂质后贮藏备用。成熟的果实易裂，造成种子散落，故应及时采收。

（佘小玲，刘建丽，郭自军）

五、二月兰林下种植技术

二月兰［*Orychophragmus violaceus*（L.）O. E. Schulz］，又名诸葛菜、菜子花、紫金草（日本）。十字花科诸葛菜属。二年生草本花卉。广泛生长于平原、山地、路旁、地边、林缘、宅旁、林下、滩湖边等处。适宜林下和林缘种植。

（一）特征特性

1. 形态特征　二月兰株高20～70cm，一般多为30～50cm。茎直立且仅有单一茎。基生叶和下部茎生叶羽状深裂，叶基心形，叶缘有钝齿；上部茎生叶长圆形或窄卵形，叶基抱茎呈耳状，叶缘有不整齐的锯齿状结构。总状花序顶生，着生5～20朵，花瓣中有幼细的脉纹，花多为蓝紫色或淡红色，随着花期的延续，花色逐渐转淡，最终变为白色。花期4～5月，果期5～6月。花瓣4枚，长卵形，具长爪，爪长3～6mm，花瓣长度1～2cm；雄蕊6枚，花丝白色，花药黄色；花萼细长呈筒状，色蓝紫，萼片长3mm左右。果实为长角果圆柱形，长6～9cm，角果的顶端有细长的喙，果实具有4条棱，内有大量细小的黑褐色种子，种子卵形至长圆形。果实成熟后会自然开裂，弹出种子。

2. 生活习性　二月兰适应性、耐寒性强，少有病虫害。对土壤要求不高，一般园土均能生长，也可适应中性或弱碱性土壤。在肥沃、湿润、阳光充足的环境下生长健壮，在阴湿环境中也表现出良好的性状。即使在冬季依然绿叶葱葱，在早春时节更是花开成片。由于自播生长能力强，即使在荒坡及较干燥地方也有较好的景观绿化效果。耐阴性强，在具有一定散射光的情况下，就可以正常生长、开花、结实。二月兰作为优良的地被植物，是理想的园林阴处或林下地被植物，也可以用作花径栽培。广泛分布于中国东北、华北地区，遍及北方各省市。如辽宁、北京、山西、甘肃、山东、河南、安徽、江苏、浙江、江西、湖北、四川、陕西等省市，常野生于平原、山地、路旁、地边或杂木林林缘。在北京属于早春的花种。

（二）种植技术

1. 选地与整地　对土壤要求不严。最好选择疏松肥沃且排水良好的沙质土壤。于播种前5～6d深翻20～25cm，结合翻耕施腐熟栏粪肥1 750～2 000kg/亩、草木灰250kg/亩作基肥，敲碎土垡平整土地。

2. 繁殖与播种　二月兰以种子繁殖为主，再生能力强，植株枯后很快会有新落下的

种子发芽长出新的植株苗。在不经翻耕的土壤上，人工撒播的种子也能成苗，并具较强的抗杂草能力。刚采收的新鲜种子有的有后熟生理现象，早播的发芽率低，有时延续1～2个月甚至更长。播种时间夏、秋均可，但以8～9月最为适宜。每克种子300～400粒，每亩播种量1kg左右。若按每平方米测算应为每平方米1～2g。如果采用喷播方式则单位面积用量最好增加10%～20%。

3. 田间管理 田间管理相对其他花卉而言比较粗放，不需要多加养护。二月兰耐寒性、耐阴性较强，有一定散射光即能正常生长、开花、结实。只要及时浇水，施肥，稍加管理即可健壮生长。一年施肥4次。早春的花芽肥、花谢后的健壮肥、坐果后的壮果肥和入冬前的壮苗肥。如果在花蕾期和幼果期各进行1次叶面喷施0.2%磷酸二氢钾溶液，花色则更艳丽，果实将更饱满。花期早春至6月。

4. 病虫害防治 常见害虫有蚜虫、菜青虫、蜗牛和潜叶蝇等。若发现害虫，要及时进行药物防治。

（郭自军，佘小玲，冯瑞富）

六、萱草栽培管理技术

萱草（*hemerocallis fulva* L.），又名黄花菜、金针菜等。百合科萱草属。萱草属花卉约有14种，中国有其中的11种。目前栽培品种多达1万多个，是百合科花卉中品种最多的一类。现代萱草花色丰富、鲜艳，栽培容易，被广泛应用于园林绿化。适宜疏林林下和林缘种植。

（一）特征特性

1. 形态特征 多年生草本花卉。植株高25～35cm，冠径40～100cm。具短根状茎。根部肥大肉质状，呈纺锤形。叶翠绿狭长，丛生根际排成两列，花葶从中部抽出，螺旋状聚伞花序，每个花序着花数十朵。花蕾似簪，开如漏斗，裂片翻卷，花瓣先端浅裂或深裂，花被基部合成管状，雄蕊6枚，花色有绯红色、金黄色、淡紫色和白绿色等。花径10cm左右，花期5～10月中下旬，单花寿命不超过24h，清晨开放，暮色时分闭合，晚上萎蔫，花葶上其他花会陆续开放。蒴果，背裂，有黑亮种子数粒，大部分品种不结实。

2. 生活习性 植株适应性强，喜湿润，也耐旱，喜阳光，也耐半阴，一般土壤均能生长，但以排水良好、富含腐殖质的沙质壤土为宜。华北地区可露地越冬。早春新芽萌发，花期6月上旬至7月中旬，每朵花开放一天，蒴果8月中旬成熟，结实很少。12月上旬地上部枯萎，宿根露地越冬。原产中国、南欧及日本。中国南北均可种植，根状茎可在－20℃低温冻土中越冬，华北地区可露地越冬。

（二）种植技术

1. 选地与整地 萱草类花卉抗逆性及耐寒性均较强，在北方可露地越冬，无论向阳与否，只要无积水即可种植。为使萱草花繁叶茂，栽前应翻整土地30～40cm深，施入基肥。

2. 繁殖 繁殖方法有分株繁殖、播种繁殖、扦插繁殖。以分株繁殖为主，育种时用

播种繁殖。

（1）分株繁殖　一般于春秋进行，秋季自叶片枯萎后分株；春季则在植株萌发前进行分株时将植株掘起，剪去枯根及过多的须根，分割株丛，使每丛带2～3个芽种入穴内，浇足水分。若春季分株，当年夏季就开花；秋季分株则于翌年春夏季开花。通常3～5年分株一次。

（2）播种繁殖　多在当年秋季随采随播，以防止种子失水干瘪，影响出苗率。种子经冬季低温后，于翌年萌发。若春季播种，需冬季将种子以沙藏处理，否则，种子当年不萌发。

（3）扦插繁殖　多倍体萱草或重瓣性较高的萱草，需人工辅助授粉以提高结实率。另外花后进行茎芽扦插，成活率较高，而且翌年可开花。

3. 田间管理　分株栽植，株行距0.5m×1m左右，每穴栽3～5株。栽后只进行简单的管理，如浇水、除草、松土。生长期每月追1次以P、K为主的液肥，N肥不可多施，否则，叶子生长过旺，开花却稀疏。但若于开花前后施些追肥，长势更盛。花开过后，及时剪去残存花梗，以减少营养消耗。雨季注意排涝。定期分栽，植株容易复壮，而且病虫害较少。

4. 病虫害防治

（1）病害　锈病和叶枯病是萱草极易发生的病害。锈病为真菌性病害，是萱草中后期的主要病害，5月上旬开始发生，6～7月最为严重，直到10月以后才逐渐停止，为害叶片、花薹。叶片初产生少量黄色粉状斑点，后逐渐扩展到全叶，以致全株枯死。发病时可喷施粉锈宁、敌锈钠等杀菌剂防治。叶枯病由镰孢霉属真菌引起，是萱草苗期的主要病害，3月底至4月初开始发病，4月中下旬至5月中下旬是发病高峰。常发生在叶片主脉两侧的中部，穿孔后造成水分与养分运输中断，叶片尖端先行枯黄，最后全叶萎黄枯死。

防治措施：一是要加强栽培管理措施，保持适当株行距，以利通风透光，避免栽植在低洼潮湿的地段，并注意少施N肥。二是及时清除病残植物体并集中烧掉。三是药剂防治。可在发病时喷洒0.3～0.5波美度石硫合剂或80%代森锌可湿性粉剂500倍液、20%粉锈宁乳油4 000倍液等药剂，每隔10～15d喷1次，连喷2～3次。

（2）虫害　萱草的主要虫害是红蜘蛛和蚜虫。红蜘蛛为细小而形似蜘蛛的红色虫子，主要在叶片背面刺吸汁液为害，被害处出现灰白色小点。可用20%螨卵脂可湿性粉剂等来防治。蚜虫主要发生在5月份，先为害叶片，之后在花蕾上刺吸汁液，被害的花蕾瘦小，容易脱落。可用石硫合剂、25%马拉松乳油、烟草石灰水等来防治。另外，在大花萱草繁育试验中发现，5～8月份蜗牛对大花萱草的为害较为严重，应及时做好防治。

（余小玲，冯瑞富，刘建丽）

七、石竹林下种植技术

石竹（*Dianthus chinensis* L.），又名中国石竹、洛阳石竹。石竹科石竹属。分布于俄罗斯、朝鲜以及中国大陆的北方、南方等地。多生长在草原及山坡草地。目前已作为观赏植物由人工在世界范围内引种广泛栽培，已培育出大量栽培种。适宜林缘种植。

（一）特征特性

1. 形态特征 多年生草本植物，但一般作一年生、二年生栽培。北方秋播，翌春开花；南方春播，夏秋开花。株高 30～40cm，直立簇生。茎直立，有节，多分枝。叶对生，条形或线状披针形。花萼筒圆形，花单朵或数朵簇生于茎顶，形成聚伞花序。花径 2～3cm，花色有紫红、大红、粉红、纯白、红色和杂色。单瓣 5 枚或重瓣，先端锯齿状，微具香气。花瓣阳面中下部组成黑色美丽环纹，盛开时瓣面如蝶闪着绒光，绚丽多彩。花期 4～10 月，集中于 4～5 月。蒴果矩圆形或长圆形，种子扁圆形，黑褐色。

2. 生活习性 其性耐寒、耐干旱，不耐酷暑。夏季多生长不良或枯萎，栽培时应注意遮阳降温。喜阳光充足、高燥，通风及凉爽湿润气候。要求肥沃、疏松、排水良好及含石灰质的壤土或沙质壤土，忌水涝，好肥。园林中，可用于花坛、花境、花台或盆栽，也可用于岩石园和草坪边缘点缀。大面积成片栽植时可作景观地被材料，另外，石竹有吸收 SO_2 和 Cl_2 的本领，凡有毒气的地方可以多种。

石竹花日开夜合，若上午日照，中午遮阳，晚上露夜，则可延长观赏期，并使之不断抽枝开花。

（二）种植技术

1. 选地与整地 选用阳光充足、高燥、通风良好地块种植。要求土壤疏松肥沃、排水良好。8 月施足底肥，深耕细耙，平整打畦。

2. 繁殖 常用播种、扦插和分株繁殖。

（1）播种繁殖 种子发芽最适温度为 21～22℃。播种繁殖一般在 9 月进行。播种于露地苗床，播后保持盆土湿润，播后 5d 即可出芽，10d 即出苗，苗期生长适温 10～20℃。当苗长出 4～5 片叶时可移植，翌春开花。也可于 9 月露地直播或 11～12 月冷室盆播，翌年 4 月定植于露地。

（2）扦插繁殖 在 10 月至翌年 2 月下旬到 3 月进行，枝叶茂盛期剪取嫩枝 5～6cm 长作插条，插后 15～20d 生根。

（3）分株繁殖 多在花后利用老株分株，可在秋季或早春进行。例如，可于 4 月分株，夏季注意排水，9 月以后加强肥水管理，于 10 月初再次开花。

3. 田间管理

（1）定植 当播种苗长 1～2 片真叶时间苗，长出 3～4 片真叶时移栽。株距 15cm，行距 20cm。移栽后浇水，喷施新高脂膜，提高成活率。

（2）除草 缓苗后即开始结合中耕除草。整个生育期除草 3～4 次。

（3）肥水管理 浇水应掌握不干不浇。夏季雨水过多，注意排水、松土。秋季播种的石竹，11～12 月浇防冻水，翌年春天浇返青水。整个生长期要追肥 2～3 次腐熟的人粪尿或饼肥。

（4）摘顶 苗长至 15cm 高摘除顶芽，促其分枝。以后注意适当摘除腋芽，不然分枝多，会使养分分散而开花小，适当摘除腋芽使养分集中，可促使花大而色艳。

4. 病虫害防治　常有锈病和红蜘蛛为害。锈病可用50%萎锈灵可湿性粉剂1 500倍液喷洒。红蜘蛛用药液喷杀。

（时祥云，佘小玲，周成贤）

八、三色堇林间种植技术

三色堇（*Viola tricolor* L.），又名蝴蝶花、人面花、猫脸花、阳蝶花、鬼脸花。堇菜科堇菜属。在欧洲是常见的野花，也常栽培于公园中。无论花坛、庭院、盆栽皆适合。适宜疏林林下和林缘种植。

（一）特征特性

1. 形态特征　二年生或多年生草本花卉，高10～40cm。地上茎较粗，直立或稍倾斜，有棱，单一枝或多分枝。基生叶，叶片长卵形或披针形，具长柄；茎生叶叶片卵形、长圆状圆形或长圆状披针形，先端圆或钝，基部圆，边缘具稀疏的圆齿或钝锯齿，上部叶柄较长，下部者较短；托叶大型，叶状，羽状深裂，长1～4cm。花大，直径3.5～6cm，每个茎上有3～10朵，通常每花有紫、白、黄三色；花梗稍粗，单生叶腋，上部具2枚对生的小苞片；小苞片极小，卵状三角形；萼片绿色，长圆状披针形，长1.2～2.2cm，宽3～5mm，先端尖，边缘狭膜质，基部附属物发达，长3～6mm，边缘不整齐；上方花瓣深紫堇色，侧方及下方花瓣均为三色，有紫色条纹，侧方花瓣里面基部密被须毛，下方花瓣距较细，长5～8mm；子房无毛，花柱短，基部明显膝曲，柱头膨大，呈球状，前方具较大的柱头孔。蒴果椭圆形，长8～12mm，无毛。染色体数目不定，2n＝20，26，42，46。花期4～7月，果期5～8月。

2. 生活习性　较耐寒，喜凉爽，在昼温15～25℃、夜温3～5℃的条件下发育良好。昼温若连续在30℃以上，则花芽消失，或不形成花瓣。日照长短比光照强度对开花的影响大，日照不良，开花不佳。喜肥沃、排水良好、富含有机质的中性壤土或黏壤土。

（二）种植技术

1. 选地与整地　要求富含腐殖质的疏松肥沃土壤。9月上旬正常整地、做畦、播种。

2. 繁殖

（1）播种法　华南地区以秋、冬为播种适期，种子发芽适温15～20℃。将种子均匀撒播于细碎木屑中，保持湿润，经10～15d发芽。若气温太高，不易发芽，可先催芽再播种，将种子放置5～8℃发芽室中，经6～7d再取出播种。发芽成苗后本叶发至2～3枚时，假植于育苗盆中，追肥1～2次，本叶发至5～7枚再移植栽培。

（2）扦插或压条繁殖　在初夏时可扦插或压条繁殖。扦插3～7月均可进行，以初夏为最好。一般剪取植株中心根茎处萌发的短枝作插穗比较好，开花枝条不能作插穗。扦插后2～3周即可生根，成活率很高。压条繁殖，也很容易成活。

3. 田间管理

（1）定植　当幼苗长至5～6片真叶时开始移植，移植时需带土球。11月定植，定植

距离一般为 20～30cm。也可置于风障前覆盖越冬，翌年 4 月初再进行定植，这样 4 月下旬就可以开花。

（2）肥水管理　三色堇比较喜肥，因此，生长期间要勤施肥。移植成活后，施用稀薄液肥 1～2 次。在开花前施 3 次稀薄的复合液肥，孕蕾期加施 2 次 0.2% 的磷酸二氢钾溶液。开花后可减少施肥。冬季不施肥，春暖后结合浇水施稀薄液肥。生长期要求充足的水分，冬季控制浇水，平时水分适中即可。

（3）摘心　经常松土、摘心，可促进生长开花。

4. 越冬　采用覆盖法。大地封冻之前浇一次透水，然后在畦面上用麦秸、稻草、落叶、废旧草帘、杂草、碎玉米秸等覆盖 8～10cm。上面再盖以废旧塑料薄膜，以加强御寒保温能力。整个冬天不需管理。翌年 3 月上旬先去除上层废旧塑料布，到中旬全部去除其他覆盖杂物。视情况浇一次透水。3 月下旬或 4 月上旬即可 3～5 株一丛定植花坛或上盆培养，供五一使用。

覆盖越冬法省去了打造冷床、多次移植、春季放风等多道工序和支架冷床的木棒、塑料薄膜、蒲草帘等物资，也不用担心春天放风不及时花苗徒长，也不影响三色堇五一开花。

5. 延长花期的关键技术　采用不同的播种时间。三色堇一般在播种后 2 个月左右开花，因此，在春季播种 6～9 月份开花；夏季播种 9～10 月份开花；秋季播种 12 月份开花；11 月份播种翌年 2～3 月份开花。

6. 主要虫害　为害三色堇的虫害主要是黄胸蓟马。它主要以若虫和成虫为害三色堇的花，并会留下灰白色的点斑，为害严重时，会使三色堇的花瓣卷缩、花朵提前凋谢。黄胸蓟马的成虫和若虫一般都隐藏在花中，雌虫将卵产在花蕊或花瓣的表皮内，为害时用口器锉碎植物表皮吸取汁液，并多发于高温干旱时节。防治措施：用 2.5% 的溴氰菊酯 4 000倍液或杀螟松1 500倍液，每隔 10d 喷洒 1 次。

（时祥云，佘小玲）

九、对叶菊林间种植技术

对叶菊（*Zinnia elegans* Jacq.）是百日草的别名，又名秋罗、步步高。菊科百日草属。原产墨西哥等地，现在世界各地广泛栽培。适宜疏林地和林缘种植。

（一）特征特性

1. 形态特征　为一年生草本植物。茎直立粗壮，上被短毛，表面粗糙。株高 40～120cm。叶对生无柄，叶基部抱茎。叶形为卵圆形至长椭圆形，叶全缘，上被短刚毛。头状花序单生枝端，梗甚长。花径 4～10cm，大型花径 12～15cm。舌状花多轮花瓣呈倒卵形，有白、绿、黄、粉、红、橙等色，管状花集中在花盘中央，黄橙色，边缘分裂，瘦果广卵形至瓶形，筒状花结出瘦果椭圆形、扁小。花期 6～9 月，果期 8～10 月。种子千粒重 5.9g，寿命 3 年。

品种类型很多。大花高茎类型株高 90～120cm，分枝少；中花中茎类型株高 50～60cm，分枝较多；小花丛生类型株高仅 40cm，分枝多。按花型常分为大花重瓣型、钮扣

型、鸵羽型、大丽花型、斑纹型和低矮型。

2. 生活习性 喜温暖、不耐寒、怕酷暑、性强健、耐干旱、耐瘠薄、忌连作。根深茎硬不易倒伏。宜在肥沃深土层土壤中生长。生长期适温15～30℃，适合北方栽培。矮型种在炎热地区宜植轻荫处。同属约有20种，如小百日草、细叶百日草等。

（二）种植技术

1. 繁殖 常用播种和扦插繁殖，通常采用播种法。

（1）播种繁殖 春季3～4月进行。每克种子120～130粒，发芽适温21～25℃，播后7～10d发芽，发芽率为60%。播种至开花因品种不同，从45～75d。露地播种时间不宜过早，如出苗后气温降到15℃以下，幼苗将停止生长，以后会始终生长不良，形成“小老苗”。苗高5～8cm时，宜分栽一次，5月下旬可移栽到花坛定植。

（2）扦插繁殖 扦插繁殖一般在6～7月份进行。剪取对叶菊侧枝长10cm，插入沙床，插后15～20d生根，25d后可盆栽。由于扦插苗生长不整齐，操作麻烦，实际应用不普遍。

2. 栽培管理 播种苗4～6片叶时定植。对叶菊侧根少，移栽时注意少伤侧根。苗高10cm时，进行摘心，促使多分侧枝。生产上为了矮化植株，在摘心后2周，用0.5%比久喷洒，效果显著。也可应用生长调节物质来调控花期，幼苗期用0.25%～0.4%比久溶液喷洒，可提前开花，花朵紧密；如用0.4%～0.8%比久或矮壮素，喷2～4次，将推迟开花。幼苗期每半月施肥1次，花蕾形成前增施2次P、K肥。或用“卉友”20－20－20通用肥。花后不留种，需及时摘除残花，促使叶腋间萌发新侧枝，再开花。苗种植株必须隔离，防止品种间杂交，影响种子质量。在花期，及时修剪去残花败叶，减少养分消耗而多抽花蕾，增强其观赏力。

3. 病虫害防治 百日草有以下几种病虫害。

（1）猝倒病 病菌主要借灌溉水和雨水传播。气温过高、浇水不当都易促使猝倒病发生。防治方法：用多菌灵、百菌清、托布津等灌根，并做好排水工作。

（2）青枯病 主要为害植株的根颈部。可用65%的代森锌可湿性粉剂加700～800倍水稀释后喷雾。

（3）细菌腐败病 这种病主要发生在茎、叶、叶柄，被害部位呈暗绿色并软化腐败，有恶臭味，造成茎易折断。主要以预防为主，一旦发现病株可连根拔除，集中烧毁。

（4）角斑病 最初在叶片上呈现褐色圆形小斑，逐渐扩大至叶脉，形成多角形。防治方法：①避免连作；②用药剂对土壤消毒。蚜虫、短额负蝗可用50%杀螟松乳油1 000倍液喷杀。

（5）白星病 为害叶片，发病初期，叶片上出现针尖大小白色小点，逐渐扩大，形成各种形状病斑，直径1～6mm，病斑中央组织为灰色，边缘红褐色至紫红色，在叶片正面的病斑上密生着许多黑色霉层，严重时，背面也有少量霉层。发病期7～9月，开花期发病较重。防治方法：喷洒65%代森锌可湿性粉剂600～800倍液或50%代森铵600～1 000倍液，7～10d喷1次，连喷2～3次，可控制病害的发生。同时，彻底清除有病的枯枝落叶，并深埋处理，减少侵染源。

(6) 地老虎　一般由带虫卵的堆肥传播。防治方法：距百日草植株根部2cm处挖一小洞，埋入有关农药2g左右，10d 1个周期，连续用药2个周期，严重时增加1个周期。

（时祥云，周成贤）

十、卷丹林下种植技术

卷丹（*Lilium lancifolium* Thunb.）又名卷丹百合、天盖百合、倒垂莲、虎皮百合、珍珠花、黄百合。卷丹喜生于林下、灌木丛、山沟水旁、石缝等半阴湿地带，因而适宜于林下种植。

（一）特征特性

1. 形态特征　株高50～150cm。地下具白色广卵状球形鳞茎，径1～8cm。茎褐色或带紫色，被白色绵毛。单叶互生，无柄，狭披针形。上部叶腋着生黑色珠芽。花3～20朵，下垂，橙红色，花被片反卷，内面具紫黑色斑点。雄蕊向四面开张。花药紫色。花径9～12cm。花期7～8月，果期9～10月。其鳞茎可露地自然越冬。花朵大，花期长，姿态美，香气宜人，是珍贵的观赏花卉。

2. 生活习性　喜温暖稍带冷凉而干燥的气候，耐阴性较强。耐寒，生长发育温度以15～25℃为宜。能耐干旱。最忌酷热和雨水过多。为长日照植物，生长前期和中期喜光照。宜选向阳、土层深厚、疏松肥沃、排水良好的沙质土壤栽培，低湿地不宜种植。忌连作，与豆类和禾本科作物轮作较好。分布于江苏、浙江、安徽、江西、湖南、湖北、广西、四川、青海、西藏、甘肃、陕西、山西、河南、河北、山东和吉林等省（自治区）。生山坡灌木林下、草地，路边或水旁，海拔400～2 500m。各地有栽培。

（二）种植技术

1. 选地与整地　需选择排水好的向阳处，坡地最好；土壤以土层浓厚的黏壤土为宜，沙质壤土次之。为避免病虫害，切忌连作。以采收鳞茎为目的栽培者，需植于半阴处或密植使其自身遮阳，因其鳞茎发育易受强光抑制。

2. 繁殖　无性繁殖和有性繁殖均可。目前生产上主要用鳞片、小鳞茎和珠芽繁殖。

(1) 鳞片繁殖　秋季采挖鳞茎，剥取里层鳞片，选肥大者在1∶500的苯菌灵或克菌丹水溶液中浸30min，取出，阴干，基部向下插入苗床内，翌年9月挖出，按行株距15cm×6cm移栽，经2～3年培育可收获。亦可采用育苗箱育种。

(2) 小鳞茎繁殖　采收时，将小鳞茎按行株距15cm×6cm播种，经2年培育可收获。

(3) 珠芽繁殖　夏季采收珠芽，用湿沙混合贮藏于阴凉通风处，当年8～9月播于苗床上，翌年秋季地上部枯萎后，挖取鳞茎，按行株距20cm×10cm播种，到第三年秋采收，较小者再培育1年。

3. 田间管理

(1) 定植　9月上旬植株枯萎时即宜掘出栽种，早种有利于基生根生长，注意不要使

鳞片干枯或受伤；若不能及时栽种，需将鳞茎贮藏于湿沙或泥炭藓中。栽种前整成高畦。栽植深度 10～12cm。

（2）施肥　以有机肥为主，配合少量化肥（饼肥、草木灰、过磷酸钙等）。栽前施足基肥，春季新芽出土后至蕾期追肥 2 次，施肥时注意肥料不要触及鳞茎。

（3）中耕除草　春季要中耕除草。梅雨季需及时清除杂草，保持土壤疏松。但此时要注意不踏入园内，否则，鳞茎易感染腐烂。

（4）病虫害防治　主要病害有灰霉病、立枯病和锈病为害。发病期用波尔多液喷洒或 65% 代森锌 500 倍液喷布。锈病用 15% 粉锈宁 800 倍液喷洒防治。

（时祥云，佘小玲）

十一、鸢尾林下栽培技术

鸢尾（*Iris tectorum* Maxim.），又名紫蝴蝶、蓝蝴蝶、乌鸢、扁竹花。鸢尾科鸢尾属。中国大部分地区有栽培，主产广东、广西、四川。鸢尾叶片碧绿青翠，花色丰富，花型奇特，是一类具有较高观赏价值的植物。一些宿根类鸢尾喜生于半阴、湿润土壤处，如蝴蝶花、鸢尾等，是很好的荫处地被植物，因而适宜林下种植。

（一）特征特性

1. 形态特征　多年生宿根性直立草本，高约 30～50cm。根状茎匍匐多节，粗而节间短，浅黄色。叶为渐尖状剑形，宽 2～4cm，长 30～45cm，质薄，淡绿色，呈二纵列交互排列，基部互相包叠。春至初夏开花，总状花序 1～2 枝，每枝有花 2～3 朵。花蝶形，花冠蓝紫色或紫白色，径约 10cm，外 3 枚较大，圆形下垂；内 3 枚较小，倒圆形；外列花被有深紫色斑点，中央面有一行鸡冠状白色带紫纹突起。花期 4～6 月，果期 6～8 月。雄蕊 3 枚，与外轮花被对生；花柱 3 枝，扁平如花瓣状，覆盖着雄蕊。花出叶丛，有蓝、紫、黄、白、淡红色等色，花型大而美丽。蒴果长椭圆形，有 6 棱。变种有白花鸢尾，花白色，外花被片基部有浅黄色斑纹。

2. 生活习性　性强健，耐寒性较强，但不耐炎热，露地栽培的最适温度为 15～20℃。按习性可分为：①要求适度湿润，排水良好，富含腐殖质、略带碱性的黏性土壤；②生于沼泽土壤或浅水层中；③生于浅水中；④喜阳光充足，气候凉爽，耐寒力强，亦耐半阴环境。不同的鸢尾品种适宜不同的定植环境。鸢尾原产于中国中部及日本。现在中国主要分布在中原、西南（四川省内居多）和华东一带。

球根类鸢尾鳞茎较少，直径 1～3cm，外具褐色皮膜。喜冷凉，忌炎热，要求充足的阳光，9～10 月生根，早春抽叶生长，初夏休眠，为秋植球根花卉。

（二）种植技术

1. 选地与整地　以排水良好、湿润适度的土壤为宜。翻耕土壤，施入腐熟的堆肥，亦可用油粕、草木灰等为基肥。

2. 繁殖　宿根鸢尾以分株繁殖为主，亦有播种者。于早春萌动前、开花后或秋季停止生长后，分割根茎，每段带 2～3 个健壮芽种植，一般 2～4 年分株 1 次；根茎粗壮的种

类，分割后切口宜蘸草木灰、硫黄粉或放置稍干后再种，以防病菌感染。若采用种子繁殖，应在种子成熟后立即进行，这样种子容易萌发，2～3 年即可开花。

3. 田间管理 鸢尾大多数品种均宜浅植。栽植时的间距依种类而异，强健种为 50cm×50cm，一般品种在 20cm×20cm。于霜降前开始栽种。宿根鸢尾在排水良好的疏松土壤上根茎顶部要低于地面约 5cm，在黏土上根茎顶部则要略高于地面。整个生长期必须保持土壤适度湿润。每月追施复合肥 1～2 次，否则花茎低矮；现蕾和花谢后，各再追肥 1 次。

4. 病虫害防治

（1）病害 细菌性软腐病，德国鸢尾等易感染，严重时可以造成成片死亡。一旦发生此病，应立刻将植株拔起，用流水清洗罹病的部分，然后埋入沙中，便会再度长出新芽。该病株周围的泥土应埋入深土层中。

（2）虫害 花菖蒲及溪荪根部易受金龟子幼虫侵噬，可用 50% 辛硫磷乳液稀释 1 000 倍后灌浇植物防治。

（佘小玲，时祥云）

本章参考文献

1. 安国英，杨振立 . 2006. 大花萱草栽培管理技术 . 河北农业科学，(2)：118

2. 曹广才等 . 2008. 北方草本药用植物及栽培技术 . 北京：中国农业科学技术出版社

3. 常爽，史根花等 . 2009. 红花酢浆草的栽培管理 . 河南科技：乡村版，(3)：21

4. 崔玲改，谷国通 . 2011. 鸢尾栽培与养护技术 . 现代农村科技，(8)；36～37

5. 桂炳中，孟金凤 . 2006. 北方玉簪露地栽培养护技术 . 花木盆景（花卉园艺版），(12)：13～14

6. 郭石生 . 2002. 香石竹栽培技术要点 . 青海农林科技，(S1)：95

7. 华爱萍，朱程英，孙庆刚 . 2009. 百合银杏林下种植试验研究 . 山东林业科技，(4)：65～67

8. 李万红，闫巧凤 . 2011. 谷子—二月兰绿肥种植试验 . 现代农业科技，(19)：96

9. 李彦民，李君 . 2009. 林下地被植物引种栽培 . 中国果菜，(2)：16～17

10. 刘雅婧 . 2011. 三色堇的栽培技术 . 现代农业科技，(15)：54

11. 任跃英 . 2012. 桔梗栽培技术 . 长春：吉林出版集团有限责任公司

12. 王俊英，郜玉钢 . 2011. 林药间作 . 北京：中国农业出版社

13. 王旭昭 . 2007. 紫叶酢浆草栽培技术与推广应用 . 安徽农业科学，35(36)：11 905

14. 薛玉芳 . 2009. 三色堇的栽培技术 . 中国科技博览，(9)：88

15. 杨俊梅，张翼飞 . 2009. 德国鸢尾的栽培技术 . 中国花卉园艺，(14)：34～35

16. 杨素贞 . 2005. 桔梗栽培技术 . 河北农业科技，(2)：6

17. 游力刚，井亚莉 . 2008. 卷丹百合的功效及高产栽培技术 . 吉林蔬菜，(6)：67～68

18. 张宏锦，张天术等 . 2011. 卷丹百合无公害高产栽培技术 . 现代农业科技，(6)：

123～124

19. 张瑞麟，卜秀莲，樊祥昌等. 2007. 玉簪属植物在乌鲁木齐地区的引种及园林应用. 新疆农业科学，44（5）：575～578

20. 张伟亮. 2003. 桔梗高产栽培技术要点. 河北农业科技，（12）：5

第六章　林菌间作

第一节　林下栽培黑木耳

黑木耳［*Auricularia auricula*（L. ex Hook.）Underw.］又名木耳、木蛾、树鸡、木机、云耳等。属真菌门，担子菌亚门，层菌纲，木耳目，木耳科，木耳属。黑木耳是一种大型真菌，菌丝体无色透明，由许多具横隔和分枝的管状菌丝组成；子实体薄而呈波浪形，形如人耳。子实体初生时为杯状，后渐变为叶状或耳状。子实体单生或聚生，直径一般4～10cm。

黑木耳含有大量的碳水化合物，蛋白质、脂肪、Fe、Ca、P、胡萝卜素、维生素B_1、维生素B_2和维生素C等营养物质。据专家测定，每百克黑木耳含蛋白质10.6g，脂肪1.2g，碳水化合物65.5g，粗纤维7.0g，Ca 357mg，P 201mg，Fe 185mg；还含有烟酸等多种维生素和无机盐、磷脂、植物固醇等。黑木耳中，Fe的含量比肉类高100倍；维生素B的含量是米、面、蔬菜的10倍，比肉类高3～6倍；Ca的含量是肉类的30～70倍；P的含量也比鸡蛋、肉类高，相当于鲫鱼的7倍，是番茄、马铃薯的4～7倍。

《本草纲目》中记载，黑木耳“性甘平，主治益气不饥”等。近代医学工作者最新发现，黑木耳具有清肺、润津、去淤生新的功效，还可以促进人体血液循环，治疗冠心病等。黑木耳中，含有丰富的纤维素和一种特殊的植物胶质，能促进胃肠蠕动，促使肠道脂肪食物的排泄，减少食物脂肪的吸收。黑木耳内还有一种类核酸物质，可以降低血中的胆固醇和甘油三酯水平，对冠心病、动脉硬化患者颇有益处。黑木耳中的多糖有抗癌作用，可以用于肿瘤病人的食疗。

一、立地条件和树种选择

耳场是人工栽培黑木耳的场所，其立地条件应以满足木耳的生长为依据。耳场环境好坏直接关系黑木耳生长发育和最后的产量。只有满足黑木耳生长发育所需要的温度、水分、光照条件，才能获得丰收。耳场要选在交通方便、水源充足，耳树资源丰富，温暖，潮湿的地方，位置应坐北朝南，以平地为主，这样有利于黑木耳的生长发育，管理也省工方便。山地海拔在1 000m以下，地面有短草，空气流通和靠近水源的缓坡地带比较暖和，云雾多，湿度大，冬暖夏凉，也可作为山区的首选出耳场地，其坡度以15°～30°为宜，切忌选在石头坡、白垩土、铁矾土之处。场地大小根据生产规模而定。

耳场树种以人工阔叶林为宜，便于操作又能遮阳和保湿。林木株行距4m×4m或

3m×5m，郁闭度达0.8以上即可，适用范围以中国北方为主，兼顾南方。郁闭度过大的林分要剃掉部分枝杈，创造合理的透光条件。场地选好后，要进行清理，割去杂草，清除枯枝烂叶，保留地皮草、浅草和苔藓等，这样既有利于通风透光和保湿，还可以避免泥土污染木耳。冬季最好用柴草火烧场地。场地上长的羊胡草、草皮、苔藓等不要铲除，以防止水土流失和保持耳场的湿润。耳场上方和两边要挖排水沟，以便雨季迅速排水，防耳场积水，影响生产。场地清理完毕，在地面上撒石灰和杀虫剂进行灭菌杀虫，提供干净整洁的环境，从而实现绿色无公害黑木耳生产。

二、黑木耳的生长发育条件

黑木耳生长发育所需的生活条件，包括营养、水分、温度、空气、光照和酸碱度。

（一）营养

黑木耳是一种腐生性很强的木腐菌，在自然界中，生于多种阔叶树的枯枝上，完全依赖基质中的营养物为生。它主要吸收碳水化合物和含氮物质，另需少量无机盐和生长素。碳源主要是葡萄糖、蔗糖、淀粉、纤维素和木质素等；氮源主要是氨基酸和蛋白质等。还需要少量的K、Ca、Mg和P等无机盐。生长素对木耳生长有调节和促进作用，主要指维生素、生长激素，如三十烷醇、920和植物生长剂等，适量添加能促进耳片生长，提高产量。黑木耳主要靠其分泌出的多种酶来分解、吸收和利用基质中的营养成分，属于异养性真菌。黑木耳的菌丝体在生长发育过程中，本身不断分泌出多种酶，因而对木柴或培养料有很强的分解能力，菌丝蔓延到哪里，它就分解到哪里，通过分解来摄取所需养分，供给子实体的需要。选用段木栽培黑木耳，一般不考虑养分问题，因为树木中的养分较充足，完全可以满足黑木耳生长的需要。如果选用锯末或其他代用料栽培时，要加入少量的石膏、蔗糖和磷酸二氢钾等营养源，以满足黑木耳生长发育对营养的需求。

（二）水分

黑木耳是喜湿性菌类，子实体吸水力强。黑木耳菌丝体和子实体在生长发育中都需要大量的水分，但两者的需要量有所不同。在菌丝生长阶段，段木栽培适宜含水量为40%左右，代料栽培料含水量为55%～60%，过高或过低都会造成菌丝生长缓慢，对产量也有影响，培养室空气相对湿度应控制在50%～70%。在子实体形成期对空气的相对湿度比较敏感，子实体的生长发育需要较高的水分。温度适宜时，栽培场空气的相对湿度在90%～95%时子实体生长发育比较迅速，耳丛大，耳肉厚。黑木耳耳片具有较强的耐水和耐旱能力，即使耳片边缘失水变干和出现内卷时，吸水复原后仍能正常生长。但空气湿度长期在80%以下时，子实体发育慢、肉薄质硬，而水分过多，会抑制菌丝生长或导致死亡，造成子实体腐烂。在高温季节，湿度长期处于95%以上，且通风不良时，易出现“流耳”现象。在水分管理上采取干湿交替方法，符合黑木耳生长发育要求，利于提高产量和质量。

（三）温度

黑木耳是耐寒怕热的中温型真菌，孢子在22～32℃均能萌发，在14℃以下和38℃以上受到抑制，但在段木中的黑木耳菌丝对于短期高温和低温都有相当大的抵抗力。菌丝在15～36℃均能生长，以22～32℃发育最好，菌丝体对低温有很强的抵抗力，在－40℃的低温时菌丝仍能保持生命力。但难以忍受36℃以上的高温。子实体在16～32℃均能生长，18～22℃最为适宜，木耳片大、肉厚、质量好，22℃以上耳片生长快，但耳片薄，色淡；温度低，耳片生长慢，肉厚，色黑。因而春秋耳比伏耳质量好，北方耳比南方耳质量好。在黑木耳的生长温度范围内，昼夜温差大，菌丝生长健壮，子实体大，耳片厚，温度偏高时，菌丝虽然生长快，但生命力弱，子实体颜色较淡，质量较差。

（四）空气

黑木耳是一种好气性腐生真菌，在菌丝体和子实体的形成、生长、发育过程中吸收O_2释放出CO_2，空气新鲜是黑木耳生长的一个必要条件。菌丝生长，需氧量较少，若培养料过紧，通透性差，或封口处不透气，会造成O_2供应不足，菌丝生长速度减慢。耳片生长发育期间需要较充足O_2。只有在通风换气良好、O_2充足、CO_2浓度低的条件下，才能正常生长，耳基短，耳片展开平整。如O_2不足，CO_2浓度过高，耳基形成后，造成耳片生长展开受阻，形成“指状”子实体，失去商品价值。保持生长环境的空气流通，还有助于避免烂耳和杂菌的蔓延。

（五）光照

黑木耳营腐生生活，黑木耳菌丝生长期间不需要光线。光照过强会使菌丝生长受抑制，还可能引起光敏反应，即菌丝体消失，出现胶质化，形成胶质状黑斑，菌种质量下降，易感染杂菌。因此，在生产菌种和菌袋时，要在黑暗条件下进行。但是光照刺激是诱导原基形成的重要条件，能促进子实体的生长。同时，光照还影响子实体色泽，在光照充足的条件下，耳片色深、肉厚，呈紫黑色，干燥后的耳片为黑色有光泽。在完全黑暗条件下子实体无法生长，光照过强则对子实体发育产生抑制。根据经验，耳场有一定的直射光时，长出的木耳既厚硕又黝黑，而明暗无直射光的耳场，长出的木耳肉薄、色淡、缺乏弹性，有不健壮之感。因此，适宜的光照强度，是获得优质产品的重要因素。

（六）酸碱度

黑木耳在pH值为5～6.5的弱酸性环境中发育最好，特别是制菌时调节培养基为微酸性有利于菌丝生长，但采用段木培养时不考虑pH值，因为耳棒经过架晒发酵，本身已经形成了微酸性环境。但在菌种分离、菌种培养及代料栽培中，必须考虑到培养料的pH值问题。由于菌丝生长过程中，会产生有机酸类物质，使培养基中的pH值下降，酸性增强，不利于菌丝生长。配制培养料时加入石灰使pH值调至8～9后装袋接种，防止料内pH值在发菌过程中下降过大，从而使培养料形成弱酸环境，达到最适宜程度。若培养料需要经过堆积发酵高温处理后再装袋，因堆积发酵处理后料内pH值下降，培养料配制时

pH 值还要调高至 10 左右，装袋时再调 pH 值至 8 ~ 9。生产上配制木屑培养基时常加 1% 的 $CaSO_4$ 或 $CaCO_3$ 能自动调节 pH 值至微酸性。

三、栽培技术要点

（一）段木栽培黑木耳

1. 段木的准备

（1）树种选择　适宜黑木耳栽培的耳树种类很多，凡能栽培香菇的树种都可用来栽培黑木耳。除含有松脂、精油、醇、醚类杀菌物质的阔叶树如樟科、安息香科等树种和经济林木外，其他树种都可栽培木耳。目前通用的树种有栓皮栎、麻栎、槲树、棘皮桦、米槠、枫杨、枫香、榆树、刺槐、柳树、桑树、楸树、法国梧桐、山拐枣、洋槐、黄连木、悬铃木等，但以栓皮栎、麻栎为最好。通常选用当地资源丰富，又容易长木耳的树种。

耳树以树龄 8 ~ 10 年、直径 6 ~ 10cm 的小径木产量最高，经济效益好。树龄过小，虽能早出耳，但由于树皮薄、平滑、保湿和吸水性差，木质中营养成分少，产量低。相反，树龄过大，皮层厚，心材大，产量也低。耳树一般要因地制宜，选用树皮厚度适中，不易剥落，边材发达，树木和黑木耳亲和力强，不但能出耳，且能获得高产的树种。

不同的树种或同一树种而在不同环境中生长，由于树体质地和养分不同，产耳量也有很大的差距。立地条件选用生长在阳坡，土质肥厚的山地上的树木为好，因为长在阳坡及土质肥厚的山地上的树木生长速度快，木质疏松，养分多；反之，长在阴坡，土质瘠薄的山地上树木生长速度慢，木质也较硬，养分也不足。木质疏松，通透性能好的树种，接种后出耳早、长得快，但出耳年限短。而木质坚硬的树种接种当年产量较少，但产木耳的年限较长。

（2）砍伐与短截　段木砍伐时间在冬至到立春之间为好，一般来讲，从树木进入休眠之后到新叶萌发前都可进行砍伐，这段时间树木进入“冬眠”阶段，树干内的养分汁液正处于凝滞状态，水分较少，养分最丰富而集中，生产上所说的砍“收浆树”。同时，这个期间砍的树，树木皮层与木质部之间结合紧密，砍伐后树皮不易脱落，病虫害少，利于黑木耳的生长发育。

树砍倒后，保留枝叶 10d 左右再剃枝，以使树干内水分快速蒸发，加快树干干燥，同时使树梢上的养分回流到树干，含水量高的大树保留时间可以更长一些。剔枝时，要用锋利的砍刀从下而上贴树干操作，适当留一点凸出的杈子，不能削得过深，以免伤及皮层，也不能留得太长不利于管理。削后的伤疤用石灰水涂抹，防止杂菌侵入。剃枝后将树干锯成 1 ~ 1. 2m 的段木，短截时用手锯或油锯截成齐头，用石灰水涂抹断茬处，防杂菌感染，影响以后菌丝生长。

（3）段木架晒　截好的段木按“井”字形或“鱼背”形堆叠在地势高、通风向阳的地方干燥，使其尽快发酵，很快失水死去。堆叠时，应将粗细不同的段木分开堆放。堆与堆之间要留有空隙，以利通风。架晒过程中，每隔 10d 左右的时间翻动一次，将段木上下，里外调换，使段木干燥均匀一致。架晒时不能让阳光直接暴晒和淋雨，堆上应遮盖草帘和防雨设施。在架晒过程中，促使耳棒干燥均匀，架晒的时间，要根据树种、耳棒的粗

细和气候条件等灵活掌握，一般架晒 30～40d，使段木比架晒前失去 3～4 成水分，段木两端变色，敲击声音变脆，即可进行接种使用。实践中，可采用称重法判断，先将湿木称重，每百斤湿木干到只有 30～35kg 时接种为宜。段木干燥过度，接种后菌种水分很快被段木吸收去，菌种变干，失去活力，阻碍菌丝向内生长，但段木太湿又容易产生霉菌不利于发菌。如段木感染了杂菌、害虫，可在接种前用茅草或树枝熏烧，至表皮变黑为度，既可清除病虫，又可增强树皮吸热、吸水性能，有利黑木耳菌丝的生长。

2. 段木的人工接种 人工接种是栽培黑木耳成败的关键工序，将人工培养好的菌丝种点种到架晒好的段木上，使它在段木内发育定植，长出木耳子实体，是生产上的一项重大的技术革新，见效快，产量高，是新法栽培的最大特点。

（1）接种时间 一般在自然温度稳定在5℃左右时即可进行，从每年的 2 月到 5 月上旬，即“惊蛰”期间为宜。此时期杂菌处于不活跃状态，可减少杂菌和害虫的感染，而黑木耳菌丝又能生长，既减少污染又保证了充足的营养生长期，故有“进九砍树，惊蛰点菌”之说。低温时期适当提早接种，有利早发菌，早出耳，即使遇上低温菌丝也不会冻死，气温回升菌丝又继续生长。有些地方也见在秋季的白露至寒露之间进行接种。

（2）接种密度 应根据耳木粗细，材质的松紧来调整，一般掌握在穴距 10～12cm，行距 6～8cm，穴的直径 1.2cm，穴深打入木质部 1.5cm，“品”字形排列或交错成“梅花”形较为适宜。因为菌丝在段木中纵向生长快于横向生长，所以，穴距应大于行距，以使菌丝均匀地长满段木。穴距的调整依据，树径粗大，质硬，海拔高要适当加密，植菌时可稍稀一些。段木的两端接种密度要大，让伤口处很快布满菌丝，避免杂菌侵入。

（3）菌种与工具 菌种有木屑菌种、木塞菌种、枝条种和三角木种。常用的工具有电钻、手摇钻、打孔机、空心冲子、皮带冲、铁锤、砍花斧等。

（4）操作方法 使用木屑菌种时，接种前应先备足树皮盖，可用 1.4cm 打孔锤，皮带冲或电钻取其他树木上的树皮冲出，树皮盖应比耳穴大 2～3mm，用 1.2cm 冲头打孔锤，皮带冲或电钻的打孔锤，皮带冲或电钻按接种密度和深度要求打孔。接种时，先将菌种袋表面用酒精和高锰酸钾溶液消毒，用消过毒的刀片划开袋子，轻轻刮掉菌种表面的老菌皮，掰下一小块塞入耳穴内，以八分满为度手轻按压实。菌种不能太碎，尽量呈块状，以便接种后快速恢复生长。然后将用皮带冲打下的树皮盖或木塞盖在接种穴上，装平后轻轻压实，使菌种与穴内壁接触，然后盖上一个树皮盖，用小锤轻轻敲平。木塞菌种是事先将木塞和木屑培养基按比例装瓶制成菌种，接种时不必另外准备树皮盖。使用木塞菌种时，耳穴的大小由木塞的大小而定，一般木塞直径 1.2cm，长 1.5cm。接种时先在耳穴内塞入少许木屑种，再将木塞菌种对准穴孔用小锤轻轻敲入即可，接种后的木塞要与树皮的表面相平。接种应流水作业，专人打孔，专人接种，打完一根孔就马上接种，不能久放，以免接种穴干燥或杂菌污染。操作应在室内或室外遮阳处进行，避免阳光照射，以防菌种干燥，影响成活率。雨天不能接种。盛装菌种的器皿和接种工具及手都要事先消毒，场地要清洁卫生。在整个接种过程中，都要注意清洁，以免杂菌侵染。用于封穴的树皮盖要当天打当天用；若用木塞应在接种前用开水煮沸再用。

3. 上堆发菌 接种后，由于菌种被切割或震动，菌丝受到损伤，生活力有所降低。为保持较高的温度、湿度和足够的空气，以促使菌丝在段木中萌发、定植和生长，提高成

活率，必须将段木堆积在适宜条件下，这一过程称为上堆发菌。方法是铺上横木或石块砖头，将接种好的耳木排成“井”字形或横堆方式的小堆，耳木间留有5～6cm的空隙，以便通风换气。堆内悬挂干、湿温度计，四周用塑料薄膜盖严，用土压实，防止虫鼠进入。堆温控制在22～30℃，空气相对湿度保持60%～80%。上堆初期气温较低，空隙可留小一点，堆的高度可高一点。后期随着气温上升，结合翻堆应增加间隙，降低堆高。上堆后每隔一周翻堆一次，将每堆耳木上下内外调换位置，使温湿度一致，发菌均匀。第一次翻堆后，应根据耳木的干湿程度，一般每隔3～5d喷些细水，喷后须待树皮稍干再进行覆盖，以防杂菌滋生。如果耳木干燥，可适当喷水调节，待树皮稍干后，再覆盖塑料薄膜。遇气温高时，每隔3～5d在中午揭膜通风换气一次，并结合喷水降温。如果温度过高时，可将周围薄膜揭起通一次风，降至适合温度。上堆发菌20～30d，应抽样检查菌丝成活率，方法是用小刀挑开接种盖，如果接种孔里菌种表面生有白色菌膜，而且长入周围木质上，白色菌丝已定植，表明发菌正常，否则，就应补种。一般经一个月的堆叠，黑木耳的菌丝已长入耳木，即可散堆排场。

4. 散堆排场　散堆排场是上堆的继续，目的使菌丝向耳木深处蔓延，并使其从生长阶段迅速转入生殖生长阶段。一般经3～4次翻堆，菌丝已长入耳木，耳木上会有少量耳芽发生，这时便可进行排场。方法是先在湿润的耳场横放一根小木杆，然后将耳木大头着地，小头枕在木杆上，耳木之间留6～8cm间隙，便于耳木接受地面潮气，促进耳芽生长。同时，不会使耳木贴地过湿闷坏菌丝和树皮，又可使耳木均匀地接收阳光、雨露和新鲜空气。排场后要进行水分管理，菌丝在耳木中迅速蔓延，这时需要的湿度比定植时期大，加上气温升高，水分蒸发快，需要在晴天早、晚各喷一次细水。每隔7～10d把原来枕在木杆上的一头与放在地面一头对换；把贴地一面与朝天的一面对翻，使耳木接触阳光和吸收水分均匀。经30d左右，耳芽大量发生时，便可起架管理。

5. 起架管理　当耳木上大约占半数的种植孔产生耳芽时便可起架出耳。方法是在林地沿行向用横木将树与树连接作横梁，横梁高50cm，如果林地行太长，中间应每隔30m留出行间作业道便于操作。将耳木按“人”字形依次交叉斜放在横木两旁，立木角度45°为宜。相邻耳木间应有5～7cm间隔。在出耳管理阶段，要努力创造黑木耳生长发育的适宜条件。起架后，子实体进入迅速长大和成熟阶段，水分管理最为重要。耳场空气相对湿度控制在85%～95%，需要进行喷水管理。喷水的时间、次数和水量应根据气候条件灵活掌握。晴天多喷，阴天少喷，雨天不喷；气温高时多喷，气温低则少喷。喷水时间以早晚为宜，每天喷1～2次，中午高温时不宜喷水。硬木或新耳木可多喷，软木或老耳木则应少喷勤喷。水质要清洁，喷得要细，以利于耳木吸收并增加空气湿度，高温季节还起到快速降温作用。耳木要经常换面，以利受光均匀，出耳整齐。每次采耳之后，应停止喷水3～5d，降低耳木含水量，增加通气性。待菌丝复壮、积累营养后再喷水，促使发出下一茬耳芽。

6. 采收、晾晒与分级　当耳片展开、富有弹性，边缘内卷呈波浪形且变薄，耳根收缩，快要弹射孢子时即可采收。木耳长大后，要勤收细拣，春耳和秋耳要拣大留小，让小耳长大后再摘，伏耳要大小一齐摘，因为伏天温度高，虫害多，细菌繁殖快，会使成熟的耳子被虫吃掉和烂掉。采摘最好在雨后天晴进行，或者晴天的早晨露水未干时进行。遇连

续降雨，成熟的子实体也应及时采收，以免烂耳，造成损失，把采回的湿耳平摊到干茅草或干木耳上，让干茅草或干木耳吸去一部分水分，晴天后再去一同晒干。采收时应用手顺着耳缘，插入基部摘下，不要强拉耳片，以免撕破，影响质量。采摘时应注意及时清除残片，以免腐烂引起杂菌侵染。确保丰产丰收。

采收下来的木耳，用清水洗净泥沙杂质，然后在烈日下晒干，有条件的地方可采用烘干，烘晒时应单层摊放，互不重叠以免粘连。未干之前不宜翻动，以免耳片卷成拳耳，影响产品质量。黑木耳的干品，应密封在无毒的塑料袋内，以防吸潮变质。凡装过农药、化肥、化学药品及其他有害物质的包装袋，不能用于包装黑木耳。

根据原商业部提出的黑木耳分级标准，一共分为 3 个等级，其质量标准如下。

一级：朵片完整，不能通过直径 2cm 的筛眼。耳面黑褐色，有光感，背面暗灰色。没有拳耳、流耳、虫蛀耳、霉烂耳。含水率不超过 14%，松度1：15以上。耳片厚度 1mm 以上。灰土杂质不超过 0.3%，粗蛋白质不低于 7%，总糖 22%，粗纤维 3% ~6%，灰分 3% ~6%，脂肪不低于 0.4%。

二级：朵片基本完整，不能通过直径 1cm 的筛眼。耳面黑褐色，背面暗灰色，没有拳耳、流耳、虫蛀耳、霉烂耳。含水率不超过 14%，松度 1：14 以上。耳片厚度 0.7mm 以上。灰土杂质不超过 0.5%，化学指标与一级同。

三级：朵小或成碎片，不能通过直径 0.4cm 的筛眼。耳片多为黑褐色至浅棕色。拳耳不超过 1%，流耳不超过 0.5%，没有虫蛀耳、霉烂耳。含水率不超过 14%，松度1：12 以上。灰土杂质不超过 1%，化学指标与一二级同。

（二）袋料栽培黑木耳

1. 栽培时间 袋料栽培黑木耳可安排在春秋两季。春季出耳应安排在出耳前两个月备料、制袋，如在 12 月下旬制作母种，翌年 1 月制作原种及栽培种，2 月制作菌棒，4 月中旬排场，进入出耳管理。秋季 8 ~9 月接种或气温在 22℃以下制袋。

2. 栽培方法与管理 栽培种配方如下。

配方 1：阔叶树枝木屑 20%，棉籽壳 50%，玉米芯等各种农作物秸秆 20%，麸皮 10%。

配方 2：阔叶树枝木屑 70%，各种农作物秸秆 20%，豆饼或棉籽饼 5%，麸皮 5%。

配方 3：棉籽壳 60%，作物秸秆 30%，麸皮 10%。

配方 4：棉花秆粉碎屑 60%，棉籽壳 30%，麸皮 10%。

以上各配方，按 100kg 主料加辅料磷酸二铵 0.6kg，石膏 2kg，石灰 0.5kg。能够用来栽培的原料还很多，只要注意营养搭配，掌握 C/N = （30 ~40）：1 即可。

3. 拌料装袋 人工或小型拌料机拌料要点：①把主料及各辅料充分拌匀，使培养料含水量达 60% ~65%，手紧握培养料，手指缝间有水滴欲滴而不下滴为宜。②当天拌料务必当天装完菌袋，当天上锅灭菌，以免培养料发酸变质，影响菌丝萌发吃料。

人工或装袋机装袋。料袋采用（18 ~20）cm ×（40 ~45）cm 聚丙烯筒料。操作要点：①装好的袋面应光滑无褶，料面平整（若袋面起褶，该部位出耳划口时袋料分离易聚积冷凝水，冷凝水变黄后易产生杂菌污染，不利于子实体形成）。②当培养料装至袋口

的高度后，按平料面，用直径 2～3cm 的扎孔器在料中间打一孔至料底，然后按顺时针旋转将扎孔器拔出。把袋口收紧，套上颈圈，塞上棉塞。

4. 灭菌 培养料灭菌是食用菌栽培中的关键环节之一。灭菌即将培养料中的杂菌全部杀死，培养料灭菌必须彻底，否则会造成杂菌严重污染而影响菌丝的生长发育，甚至不能出菇。在生产上采用罩式常压灭菌法。

拌培养料时水分含量要适宜且均匀。水的热传导性好，培养料干易造成灭菌不彻底；颗粒大的原料要先预湿保证无干心，装袋时松紧度适宜，装袋过松，造成菌袋在蒸锅内被挤压变形，使袋间缝隙缩小至消失，影响灭菌效果；码放层数多时更要注意，菌袋在灭菌灶内的码放要适宜，不能使菌袋被挤压变形，使蒸气很好流通。

生产过程中要防止培养料酸败变质。在食用菌栽培中，常会遇到接种后菌种萌发但不吃料或虽然吃料但生长不正常，菌丝稀疏不浓白的情况，剥开料袋会发现培养料发出馊臭味，这说明培养料已酸败变质。其原因是从拌料到装袋灭菌的时间过长，料内微生物活动所致，尤其是在高温季节生产更应注意。在拌料时可适当提高石灰用量，中和灭菌过程中增加的酸性，抑制微生物的活动，防止培养料营养成分被破坏。灭菌时间不宜无限延长，否则，会造成培养料营养成分的破坏，还浪费人力物力。常压灭菌一般保持 20h 以上，为保险起见时间可稍加延长，最多不超 24h。灭菌结束后，再焖半天或一夜后取出。

5. 接种 为了提高成品率，又能满足大批量生产，经过反复试验与研究，生产中总结出一套在菇棚内使用接种帐进行接种的模式——半开放式接种，即在大棚内塑料接种帐内接种，就地接种、就地发菌、流水作业，大大提高了工作效率，减轻了劳动。具体操作方法如下。

（1）接种帐设置 提前 1 周清理菇棚，喷甲醛闷棚。接种前三天在棚内地面上撒少许石灰粉，并喷洒绿霉净 1 000倍液。把塑料接种帐的四个顶角分别用绳子吊挂于菇棚的顶架上，使接种帐高 2.5m，余下的 0.5m 向内折起，在接种帐内的地面，铺上同样的塑料薄膜，这样就形成了一个相对密闭的空间。把灭好菌的料棒趁热搬入接种帐内，一次可放入 4 500棒，分 5 排码放，并用菌棒把接种帐折起的边角压紧压实。让菌棒在接种帐内自然冷却到 30℃左右即可进行接种。菌种、接种工具等一并入帐，四周压实密封，接种前 4h 接种帐内放入 1 个气雾消毒盒，帐外放 2 个气雾消毒盒进行灭菌，熏 2h 后，掀起接种帐的一面放气 2h，人方可进入。

（2）接种流程 接种人员进入接种帐前，要穿戴上灭过菌的工作服、帽子、口罩、手套、鞋套等，防止把杂菌带入接种帐。接种时，需多人配合工作，接种动作要迅速。接种人员 10 人一组，接种时，进行分工，打穴、接种、套袋、系袋、搬垛分别由不同的人操作，形成流水线式作业。打穴的人员用接种打孔棒在菌棒上均匀地打 3 个接种穴，直径 1.5cm 左右，深 2～2.5cm；接种人员把菌种掰成大小合适的菌块塞入孔内，要注意塞紧塞实；搬垛的人员把接种后的菌棒接种点向上呈“一”字形墙式排放。接好种的菌棒分别码放成垛，用薄膜覆盖严，直接在菇棚内进行发菌。移动接种帐，为下次接种做准备。采用此流水作业方式接种，10 人用 3.5h 即可完成 4 500棒接种量。

6. 发菌 夏季气温高，杂菌数量多、传播速度快，菌棒易发生大规模污染，应以预防为主。接种后每个菌棒需加套袋，套袋时注意不要触动刚接入的菌种。菌棒并排码放，

接种点朝上，不能朝下，防止菌种块掉落或因水渍而不能萌发。码放13～15层高，不需再用塑料薄膜整体覆盖。隔几天测定温度。7～15d后菌丝定植，待菌落直径达4～5cm时，要进行翻堆、散堆，改墙式为“井”字形堆，高8～10层，便于通风，并检查有无杂菌污染。此阶段若气温不高，仍可盖薄膜、麻袋保温，但要注意每两天掀膜通风1次。当菌丝长满1/3～1/2菌袋时，脱去外套袋，起到增氧排除废气的作用。或在接种孔旁边将外套袋挖一个孔，增加通气，促使菌丝体加快生长。培养阶段要翻堆3～4次。第一次翻堆一般在接种后7～10d，发现杂菌污染或死种要及时处理，视天气情况调整堆形，随着发菌范围扩大，呼吸作用越来越强，要注意散堆和通风换气，降低堆叠层数。以后可每隔10～15d结合脱套袋、刺孔通气等措施进行。当菌丝长满袋后再继续培养10d左右，使其营养成分得到更加充分的积累。在夏季培养发菌时，加强降温、通风换气管理，将温度控制在33℃以下，避免高温抑制菌丝生长，甚至烧死菌种。菌棒7～15d后，当菌袋原种接入部分（即接种孔）不断分泌出黄色水珠时，说明菌丝已达到生理成熟，即可进入出菇管理阶段。

在冬季培养发菌主要是做好保温管理，接种后的菌棒一般不再单独套袋以节省人工，呈“一”字形墙式集中排放，高12～14层，用塑料薄膜整体覆盖。以堆温不超过25℃为宜，将温度保持在20～25℃。让菌种萌发生长，待菌落直径达4～5cm时，要进行翻堆、散堆，改墙式为“井”字形堆，高8～10层，便于通风，并检查有无杂菌污染。将接种孔侧向排放，以增加通透性，促使菌丝体加快生长。

当菌丝体生长到2/3袋或快满袋时，用铁钉钯在菌袋上刺孔，增加菌袋的通透性，补充新鲜空气，让菌丝体进一步生长，分解木屑，储备养分。气温较低时，刺孔要稍深，深度为3cm左右。气温高时，要采取浅层刺孔，刺孔深度为1cm左右。由于刺孔后增加了透气性，菌丝体生长速度加快，会产生生物热，升高袋内温度，此时，要将菌袋呈“井”字形或“△”形码袋，同时加强通风换气，降低袋内温度。

7. 出耳管理 黑木耳菌丝在黑暗的环境中也能生长，但散射光条件有促进作用。子实体在黑暗环境中很难形成，在微弱的光照条件下，子实体发育不良，质薄呈浅褐色。在光照充足的条件下，子实体颜色深，长得健壮。只要有高的湿度，强烈的阳光也不抑制黑木耳的生长。因此，黑木耳在生产上较为适合选择阳光充足的地点作为栽培的场所。在林地栽培黑木耳，通常采用“畦栽”的方式。

（1）做“出耳畦” 做畦前先清除杂草，开沟防止积水，并喷洒杀虫剂杀灭害虫。然后在林地内顺树行制作出耳畦。畦的深浅，应按地势高低来定，积水低洼地应做高出地面18～20cm的耳畦；平地不好排水的地方，应做高出地面7～10cm的耳畦；排水良好的地方，应做低于地面10～15cm的耳畦，畦面宽1.0～1.5m，长度依林带长度而定。畦间作业道留0.5m左右即可。

（2）耳畦处理 做好的耳畦内缓慢浇一次重水，使畦面渗透水分。用40%的二氯异氰尿酸钠可湿粉剂250倍液喷雾作杀菌处理；用菇净（100m^{2}有效含量0.16～0.22g）喷雾作杀虫处理（两种药剂均为食用菌登记用药）。

（3）菌棒摆放 去掉棉塞和颈圈，将袋口扎紧，用刀片在菌袋上划口，但要注意不要在袋料分离处和起褶处划口，不要在袋内形成原基处划口，应在袋料紧贴处划“V”形

口。“V”形口角度45°~60°，斜线长度2.5cm左右，划口深度0.5cm左右，每袋划15~18个口，分3排，呈“品”字形排列。划完口的菌袋立摆在畦中，袋间距10~15cm，盖塑料膜保温、保湿，注意定时通风。

（4）耳基形成期管理　这个阶段一般需7~10d。管理要点：保持畦内小环境空气相对湿度80%左右，温度15~25℃，5~7d可显子实体原基。这期间，菌蕾怕淋水，不要掀膜（避免雨淋），不要喷水。

（5）子实体分化期管理　珊瑚状耳基长至杏核大圆球后，上面开始分化出小耳片。管理要点：拉大温差。中午温度高时，把畦上薄膜盖紧4~6h，两边掀起通风（尤其晚上，空气湿度大，环境温度低，更应通风），但要保持空气相对湿度85%左右，此阶段为5~7d。

（6）子实体生长期管理　当划口处已被子实体完全封住，菌蕾边缘耳片逐渐向外伸展时，可逐渐加大喷水量，尽量喷雾状水；去掉覆膜，加大通风。林中晚上湿度大，白天只需每天喷雾1~2次，就可保持空气相对湿度达90%。当耳片长至2cm，可往耳片上喷大水了。这期间，若发现子实体长得慢，停水2~5d，加大通风，让子实体风干一些，让菌棒菌丝有个休息养生的时间，促使菌丝向基内深入生长，吸收和积累养分。经过几天的积聚营养，再提高湿度，喷水催耳，让耳片充分吸透水展开，迅速生长。子实体生长期需7~10d。

8. 菇体采收与收后管理　采收方法与标准参照段木栽培黑木耳。每采完一茬耳，结合菌棒间歇期，将整个耳场消毒杀虫。一般5d左右，新菌蕾呈现后，再按上述方法管理。每投一批料，可采3茬耳，生物学效率可达120%。

四、效益分析

林下栽培黑木耳，每亩年纯收入可达1.5万元，一人可以管理3~4亩地，年纯收入可达4.5万元以上，有良好的经济效益，同时又具有很大的社会、生态效益。首先，林下栽植食用菌可以充分利用林下土地资源，解决贫瘠地、沙荒地、盐碱地等生态脆弱区造林管理难的问题；其次，该技术简单易推广，可以解决农民增收难问题；再次，项目的发展可以增加地方发展林业的信心，保证林业经济的可持续发展。另外，食用菌属异氧微生物，它的营养来源于农业上的废弃物，如秸秆、棉籽壳、木屑、畜禽粪便等，实现了农业废弃物资源化、资源整合高效化、物质循环良性化、能量利用多级化，可以变废为宝、变污染环境为改善生态环境，产生良好的社会、生态效益。

第二节　林下栽培其他食用菌

一、平菇

平菇［*Pleurotus ostreatus*（Jacq. ex Fr.）Quél.］，担子菌亚门，层菌纲，伞菌目，侧耳科，侧耳属。性味甘、温，肉厚质嫩，味道鲜美、营养丰富。富含Se、多糖体，含有

多种维生素及 Ca、P、Fe 等矿物质及 18 种氨基酸等。具有追风散寒、舒筋活络之功效，可缓解腰腿疼痛、手足麻木、筋络不通等症。常食可增强机体免疫力，改善人体新陈代谢，减少血清胆固醇、降低血压、预防肝炎、胃溃疡等。主要产区是河北、河南、江苏、山西和山东等省。

（一）生长发育条件

平菇品种繁多，适应性强。按照品种对温度的要求，可分为中高温型、中低温型、广温型等类型。平菇栽培广泛，全国各地均有栽培。影响其生长发育的条件有以下几个方面。

1. 营养 平菇是异养型木腐菌，分解纤维素、木质素、淀粉等有机大分子的能力相当强，生物转化率高。生长可利用的营养很多，木质类的植物残体和纤维质的植物残体都能利用。人工栽培时，以棉籽壳、玉米芯、棉秆、大豆秸产量较高，其他如木屑、稻草、麦秸等也可利用。

2. 水分 平菇子实体含水量在 90% 左右，在生长发育过程中需要大量的水分。培养料含水量一般要求 60% ~65%，高于 70% 或低于 50% 均不利于平菇菌丝的生长。空气相对湿度在 75% ~85% 时，子实体生长迅速、茁壮。生料栽培常采取偏干发菌，出菇期补水的方法，以避免霉菌侵染。

3. 温度 平菇菌丝的生长温度通常在 15 ~33℃，最适温度范围为 22 ~26℃。子实体生长的温度范围：低温型 10 ~15℃，中温型 16 ~20℃，高温型 21 ~26℃。菌丝生理成熟后，在适宜的温度范围内，昼夜温差越大，越容易诱发平菇原基的形成。除高温型的特殊种外，多数种的子实体形成和生长适宜温度范围 10 ~20℃。在适宜温度范围内，温度越高，子实体生长越快，菌盖越薄，质地较脆。

4. 空气 平菇是好气性真菌。菌丝生长阶段，CO_2 浓度为 20% ~30% 时，刺激菌丝生长，高于 30% 时菌丝生长才会受到抑制。子实体的生长发育需要充足的 O_2，当空气中 CO_2 浓度超过 0.1% 时，则导致菇密、形成菇盖很小的“大腿畸形菇”或者萎缩死亡，所以出菇阶段要注意通风换气，否则，就不易形成正常的子实体。

5. 光照 平菇对光照强度和光质要求因不同生长发育期而不同。平菇菌丝生长可以完全不需要光线。子实体的发生和生长发育阶段均需要散射光，特别是子实体原基形成期。光照不足，子实体只能形成菌蕾，或只长出瘦弱细长的菌柄，或者萎缩死亡；但在阳光直射下，也不能形成正常的子实体；只有在散射光的刺激下，才能使子实体的分化和生长正常。平菇菌盖的颜色与光照强度密切相关。如果光照不足，色泽偏浅。

6. 酸碱度 平菇喜偏酸性环境。平菇菌丝生长的适宜 pH 值为 5.4 ~6。在实际栽培中，栽培基质常加入生石灰或过磷酸钙进行调解，熟料栽培时，灭菌前的 pH 值可为 7.5 左右，因为灭菌后 pH 值会下降，以抑制霉菌和孳生，确保发菌成功。

7. 其他 平菇子实体生长发育过程中，对空气中的 CO、硫化物、乙炔等不良气体敏感。当空气中这些物质浓度较高时，子实体生长停滞、畸形甚至枯萎。

（二）栽培时间

平菇可分为中高温型、中低温型、广温型等类型。在林下栽培，不同类型、不同方式

栽培平菇时间不同，高温型春种夏、秋出；广温型夏种秋出；低温型最好在暖棚栽培。

（三）栽培管理

林地内平菇栽培是在林下拱棚内，可以采用叠放式栽培、畦式栽培、立式栽培等模式。由于畦式栽培所获鲜菇含水率高，货架寿命短，菇片向上伸长，朵形不紧凑，运输极易破碎，基部黏附泥土，加工价值低；立式栽培菇产量较低；故在此重点介绍林下平菇垛式或叠放式栽培。

平菇可进行生料栽培、发酵料栽培和熟料栽培。生料栽培是指原料与辅料混合加水拌匀后直接进行装袋播种或是原料经发酵后进行装袋播种的栽培方式。生料栽培没有基料堆酵的过程，直接在生料上接种发菌，营养没有损失，方法简便易行，但易感染杂菌，影响出菇，适宜秋冬季节的平菇栽培。发酵料栽培是采用培养料堆置发酵，播种培养。熟料栽培是原料必须经过常压或高温灭菌，而且灭菌后采用无菌接种的栽培方式，适宜高温季节的平菇栽培。

1. 生料栽培　主要介绍培养料配制、装袋播种、发菌培育、出菇管理 4 步。

（1）基质配方与培养料处理

①基质配方　生料栽培应用广泛，宜选用抗逆性强的广温型品种或低温品种，菌种用量要高于熟料和发酵料。播种量一般为生料的 10% ~25% 。林下栽培季节应选择气温较低、湿度较小的秋天、春天。北方地区林下可在 8 ~10 月，4 ~6 月栽培出菇。

配方 1：棉籽壳 250kg，过磷酸钙 5kg，石膏粉 4kg，尿素 0. 75kg，克霉灵 5 袋，食用菌三维营养精素 1 袋。为调整基料酸碱度，可加入石灰粉 2. 5kg。

配方 2：棉籽壳 500kg，麸皮 25kg，石灰 15kg，营养素 10 袋（0. 5kg/袋），三十烷醇 3 瓶，克霉灵 10 袋。

②生料的处理　用于生料栽培的培养料各种主料、辅料，均要求新鲜、干燥、无霉变（最好用当年新收的原料）。在使用前要在阳光下暴晒 2 ~3d，以减少杂菌污染机会和提高基质的吸水率。材料准备就绪后，即可开始拌料。按配方将培养料混合均匀后，按干料重的 0. 1% ~0. 2% 喷洒水雾，边喷边翻拌。石膏粉、过磷酸钙应先与干料拌匀后再加水搅拌；尿素应提前溶于水；食用菌三维营养精素溶于水后均匀喷洒在加水拌匀的主辅料中，避免与碱性物质直接混合。料水比为 1∶1. 1 ~1. 3。以上配方不可使用敌敌畏、氧化乐果等药物处理。

③发酵料的处理　主辅料按比例混合好，可溶性药剂溶于水备用，料水比按 1∶1. 3 ~1. 5 的比例进行拌料，原料拌匀后根据原料的多少堆成圆锥形或长梯形，高约 1m，堆上均匀分布做好透气孔，用薄膜覆盖。当堆温达到 60℃以上时，进行第一次翻堆，然后重新覆膜升温，这样反复 3 ~4 次促使培养料发酵均匀，以料面布满白色的放线菌丝为宜，6 ~10d 即可。发酵好的培养料气味正常，不发酸，不发臭，不发黏，无霉变，湿度适中。翻料过程中，如果出现缺水现象要及时补水，以保证培养料的含水量。

（2）装袋播种　生料和发酵料装袋方式相同，选择一端封好口的聚乙烯折角平菇生料袋，规格 22cm × 55cm，厚度为 0. 01 ~0. 015mm，通常采用人工装袋，每袋可装干料 1. 5 ~2kg。一般采用分层装料接菌的方法，通常每袋料中播 3 ~4 层菌种，先将培养料装

入一部分，压紧后放一层掰成小块的菌种，菌种尽量放在袋的四周，再装入一层料，播一层种，接着按相同的办法装第二层和第三层培养料，最后一层菌种上放2~3cm的料，装到离袋口7~8cm时，用尼龙绳系好口。要注意在袋的两端多放些菌种，中间少放一点，这样，袋口的菌种多，利于发菌，菌丝生长快，不易孳生杂菌。装袋完毕后，扎好袋口，用直径2~3cm的木棍在袋的中间纵向扎一通气孔，确保扎透。播种量以干料的10%~15%为宜。

（3）发菌培养　生料栽培最关键的环节就是发菌，重点是保证发菌期间避免光照，不允许强光直射；控制温度，注意通风换气，促使菌丝生长健壮。

生料发菌在20℃以上的气温下发菌极易发生杂菌污染。装袋播种后，根据气温高低，可以将袋子平放在地面上、垒菌墙或放在架子上发菌。低温季节常把菌袋堆放数层，垒起菌墙，堆放层数据培养环境的气温来定。气温低可适当增加堆放层数，一般在室温5~10℃，堆放3~4层；在10~15℃，可堆放2层；15℃以上不堆放。在发菌初期（装袋后12d内）应及时翻堆，每天翻一次，棒内温度不能超过36℃，高温时加强通风，以防料温升高过快、过高，烧死菌种或引起杂菌污染。12d后进行倒垛，每隔一天翻一次，使菌棒发菌均匀。待料温较稳定时，可堆放较高的菌墙，翻堆的次数据菌袋堆放的层数和环境温度而定。倒垛后若棒内温度降低，可并垛或采用薄膜覆盖措施，提高温度促进菌丝生长。25~30d菌丝就可以长满菌袋，菌棒变白发硬。在林下发展广温型平菇，需要在7~8月份发菌，菌棒要平放在地面上，不再堆放。

（4）出菇管理　大约在8月下旬，将发好菌的生料菌棒移放林中，很快进入子实体生长阶段。这个阶段的管理关系产品的产量和品质。温度、湿度、水分及光照条件的合理调整至关重要。天气转凉后，若出菇不完全，可转移到暖棚内继续出菇。

菌棒入棚后采用垛状摆放，垛底用土堆成高15cm、宽50cm、长2.6m平台（棚内横向排放），用薄膜覆盖。菌棒摆放在薄膜上，每层2排，菌棒底部相接，扎口部朝外，依次往上码，共码6层，每2层之间用2~3根小木条隔开，以便通气，垛与垛间隔90cm左右，以便操作。

菌丝长满后，通过喷水及掀帘、掀膜等方式控制温度低于20℃，并形成较大温差，以利于刺激子实体原基形成。原基形成后，温度在20~25℃时，子实体生长较好。温度过低子实体生长慢，但菌盖肥厚，温度过高，子实体生长快，菌盖薄且纤维多，品质下降。空气相对湿度控制在90%左右。当菌棒内有菇蕾原基产生时，将菌棒扎口松开，菌棒袋向外翻卷，露出菌面即可。

子实体形成初期，空间喷水雾加湿，少量多次，保持地面湿润不干燥；当菇蕾分化出菌盖和菌柄时，喷水注意少喷、勤喷，并呈雾状。当菇体菌盖长到1~2cm时，可直接向菇体喷水，但要控制水压，压力较大不要近距离喷向菇体。

子实体形成期要给予一定的散射光，但要避免阳光直射，通常以能看报纸的光线即可。生长期间呼吸作用增强，需大量O_2。原基形成初期抗逆性较弱，不能立即进行通风，随着菇体生长，要加强通风换气，但既要保障空气流通，又要保证一定的温度。

2. 熟料栽培　中高温品种的平菇普遍采用熟料栽培，可以有效减少杂菌污染，提高产量和品质。熟料的营养料主料主要是富含木质素、纤维素、半纤维素的棉籽壳、玉米

芯、黄豆秸等，辅料为麸皮、玉米面等。

（1）基质配方

配方1：棉籽壳92%、过磷酸钙2%、蔗糖1%、石膏粉2%、石灰3%；

配方2：棉籽壳50%、杂木屑30%、麦麸15%、石膏粉2%、石灰3%；

配方3：玉米芯75%、棉籽壳20%、石膏粉2%、石灰粉3%；

配方4：麦草糠81%、麸皮10%、玉米粉4%、钙镁磷肥2%、石膏粉1%、石灰2%；

配方5：棉籽壳52%、麦草糠40%、麸皮5%、钙镁磷肥1%、石灰2%；

配方6：玉米芯80%、麸皮11%、玉米粉4%、钙镁磷肥2%、石膏粉1%、石灰2%；

配方7：棉籽壳80%、玉米面2%、麦麸15%、其他3%。

夏季配料适当增加棉籽壳、碎木屑的比例，保障透气性，可选用配方1、配方2、配方7。

（2）培养料配制　将主料棉籽壳、玉米芯等倒入拌料场成堆，把辅料麦麸或玉米粉等从堆尖均匀往下撒开，并把石膏粉、石灰粉均匀撒向四周，撒完这些干料后先拌搅均匀。然后把可溶性的添加物，如蔗糖、过磷酸钙等溶于水中，喷洒入干料中混匀。

加入适量水搅拌均匀，再将摊开的料用锨重新整成料堆，反复搅拌3～4次，最后把拌匀的料堆积防止水分蒸发。灭菌前培养料酸碱度控制在pH值8～9。料水比控制在1∶1.1～1.2，含水量60%～65%。可用手握紧培养料，指缝间有水溢出但不下滴；伸开手指，料在掌中能成团，落地即散，则含水量适宜。

（3）装袋、灭菌及接种　塑料袋规格为15cm×55cm聚乙烯筒袋。菌种要选用适合当地气温条件的优质菌种，菌龄控制在25～30d。适龄菌种表现为菌种瓶内菌丝浓密，洁白度一致，长势均匀，闻之有平菇香味，按之有弹性，生活力强。

夏季生产选高温型菌种，目前应用于生产的有2016、HP-1、侧5、高平88、亚光一号、西德33、588、九华、191等。

（4）发菌培养　此过程在菌棒生产过程完成。菌袋堆叠按“井”字形横直交叉。注意菌袋不要堆叠过高，避免最下层会压扁或破袋。

接种后的菌袋，入室前3d为发菌期，菌种块的菌丝正处于恢复和萌发阶段，其菌温一般比室温低1～2℃。此时室内温度宜掌握在27℃左右，若气温低于20℃，采用薄膜覆盖菌袋，使堆温提高，满足菌丝萌发的需求。

接种后4～8d，接种处四周出现白色绒毛状菌丝时，说明已定植发育；此后生长迅速，室内温度调节在25℃左右。当菌丝培养10d后，菌丝已处于旺盛生长状态，该阶段温度宜在23～24℃，要特别注意防止高温。及时调整堆形，疏袋散热，抑制堆温，降低菌温。菌袋培育期，结合调节温度通风换气，气温高时选择早晨或夜间通风；气温低时中午前后通风；袋堆大而密时多通风；菌温高时勤通风。除了打开所有门窗，使空气对流外，在高温期可采用电风扇排风，加大空气流量，降低温度。

菌袋培养阶段，培养室宜干不宜湿。在菌袋培育期间不论何种情况都不可喷水。菌袋培养忌光宜暗，门窗应挂草帘遮光，但要注意通风透气。

菌袋在室内培养期间要翻堆2~3次，第一次在接种后6~7d，以后每隔7~10d翻堆1次。翻堆时做到上下、里外相互对调。使菌袋均匀地接触光线、空气和温度。翻堆时要轻拿轻放，注意保护好接种口。翻堆时认真检查杂菌，料面上出现斑点、块状物，以及红、绿、黄、黑等颜色，都属于杂菌污染。初期可注射氨水、酒精、福尔马林溶液等灭菌。如果斑点遍布，则要破袋取料，拌4%石灰溶液，闷堆一夜，摊开晒干，重新配料，装袋灭菌，重新接种培养。

（5）出菇管理　接种后经过20~30d的培养，当菌丝长满整个培养料，即为成品菌棒，可以入林进行出菇管理。

春末夏初的高温季节，5月1日前后，将发好菌的熟料菌棒移放林中，培养出菇。经灭菌后的熟料菌棒可以选用立式中型棚叠放栽培，培养出菇。摆放方式同生料栽培。出菇期重点把握好以下4点。

①拉大温差　平菇属变温结实，在保证温度22~26℃，相对湿度85%~95%的情况下，加大温差有利于出菇。早晚气温低时加大通风量，降低温度，拉大昼夜温差，气温达到20℃以上时，采用加强通风和进行喷水降温的方法，刺激出菇。

②水分管理　当菌丝布满料面6~7d，并露出菇蕾后，夜间采取地面浇水，棚间喷雾，加减通风量，调节适宜平菇生长的温湿度和温差。当菌棒内有菇蕾原基产生时，将菌棒扎口松开，菌棒袋向外翻卷，露出菌面即可。当菇蕾分化出菌盖和菌柄时，喷水要少喷、细喷和勤喷，并呈雾状。每潮菇后，清理死菇、病菇和烂菇。出第二潮菇后，出现小菇蕾时，喷营养液50g（味精5g、维生素B10g、尿素15g，溶于20kg水中）。每潮菇喷2~3次（喷在料面），既补充营养又诱导新菇形成。在采收1~2潮菇后，菌袋内水分低于60%时，需要给菌袋补水，可直接向袋内注水或用水浸泡，浸泡时用铁丝在菌袋上扎3~4个孔，使水易于浸入菌袋。

③通风换气　多在早、晚进行，低温时1次/d，中午喷水后进行；气温高时，2~3次/d，每次20~30min，要避免让风直接吹到菇体上，使菇体失水而边缘外翻。

④增强光照　增加散射光，诱导早出菇、多出菇。以棚内有“三分阳七分阴”的光照为宜，不能有直射光，以免晒死菇体。

3. 发酵料栽培　选择无霉变、无雨淋、无害虫、不结团的棉籽壳、玉米芯、黄豆秸等作主料，麸皮、玉米面等作辅料。原料没有农药残留，重金属含量不超标。配料前先将主料暴晒2~3d。

（1）基质配方　参考生料、熟料栽培。

（2）培养料配置　同生料栽培。

（3）培养料发酵及装袋　将拌好的培养料堆成宽1~1.5m，高1~1.5m，长度不限的料堆进行高温发酵。料堆表面拍平后用木棒隔30cm从堆顶直达底部打孔，通气发酵。覆盖塑料膜，下部留出缝隙。当料堆25cm深处温度超过50℃以上时，第一次翻堆。当料堆25cm深处温度达60~70℃时，每天翻堆1次，每次翻堆后打通气孔，并加盖塑料膜，全部发酵过程历时6~8d，翻堆3~4次。发酵结束，散堆降温，调节pH值为7~8。

装袋时先将一端口扎好，在袋内装1cm厚菌种，装10cm厚的培养料，压实撒上一层菌种，再装一层培养料，再撒一层菌种，轻压菌种与培养料紧密接触，捆扎袋口。接种量

一般为干料的10%～15%，靠近袋口处要多撒一些菌种，使平菇菌丝优先生长，杂菌难以孳生。料要尽量装实，以手托中央，菌袋不变形为宜。

（4）发菌期管理 将装好的菌袋移入培养室，避光发菌。接种3d后用消毒的木棒（直径1cm左右，75%酒精或0.1%高锰酸钾溶液消毒），从菌袋一头穿透到另一头打通气孔，以利正常发菌，并检查杂菌及时清除。根据发菌期的气温不同菌袋堆积不同的层数（参考熟料栽培），菌袋内温度保持在20～24℃，空气相对湿度保持在65%。发菌期每隔7d翻堆1次，并随时检查杂菌及时处理。培养30d左右，菌丝布满全料。

（5）出菇管理 当菌丝布满整个培养料后，将塑料袋口打开，移入林下拱棚内进行出菇管理（参生料栽培）。棚内增加湿度，提高昼夜温差。切忌直接向子实体喷水，以免造成烂蕾死菇。适时采用微喷系统，使棚内湿度维持在90%左右。若棚内温度超过25℃，中午通风。温度低，早晚通风。通风一般在棚两头及侧边进行。

（四）采收与收后管理

生料栽培菇体采收及收后管理：在适宜的条件下，平菇从原基长成子实体需5～10d。菇体发育成熟后，即菌盖边缘尚未完全展开，孢子未弹射时采收。此时菌盖边缘韧性好，破损率低，菌肉厚实肥嫩，菌柄柔软，纤维质低，产品外观好，经济价值高。

采收前2～4h要喷一次水，使菌盖保持新鲜、干净、不易开裂，但喷水不宜过大。采收时可以用一手按住菇柄基部的培养料，另一手捏住菇柄轻轻扭下，避免将培养料带起。正确采收平菇不仅能够保证收获质量，也有利于下茬菇的发生和管理。采完一潮菇后，用镊子、小刀或小铁钩子去掉残留在培养料表面的菇柄。用干净的粗铁丝在料面上来回拉动进行搔菌，然后压实。清除袋料两端的菇角和老菌丝，这时培养料的含水量应补足到65%左右。停止喷水2～3d，让菌丝充分恢复并积累养分。3～4d后喷水并覆盖保温、保湿，空气湿度适宜，一般10d左右出现第二茬蕾菇。

平菇栽培原则上可采收5～6潮菇，生产上一般采收3～4潮菇（菌棒废料可作他用，如用于鸡腿菇培养料）。当平菇出完2～3潮菇后，菌袋因缺水而变软，大部分营养物质被消耗，pH值也会因新陈代谢物的产生而有所下降，出菇变得稀少。若再进行催蕾也能出菇，但菇体小且不齐，转潮次数虽多，经济效益低下。因此，要想进一步提高产量，就必须补充养分、水分等，甚至改变出菇方式。常采用菌袋浸泡补水、注水器补水、覆土补水补养等方法进行。可喷营养液（糖1%、尿素0.4%、磷酸二氢钾0.2%、石灰0.2%），每潮菇喷2～3次（喷在料面），既补充营养又诱导新菇形成。

熟料栽培菇体采收及收后管理：在适宜条件下，从子实体原基长成菇体大约1周，当菌盖充分展开，菌盖边缘出现波状时（菇体发育成熟度80%）及时采收。采收方法同生料栽培。同样，采菇后清理料面，剔除死菇、菇根及杂物等，保温保湿，让菌丝充分恢复，头潮菇采后停水2d，喷水1次，经7～10d，有菇蕾出现时，再按出菇要求管理。每潮菇采收后，应清除料面老化的菌丝，检查其培养料的湿度。一般出菇后水分减少，当养料中含水量少于40%且不能出菇时，应将栽培袋浸入水中8～12h，使其含水量达60%～70%，捞出栽培袋，再次堆放后按发菌管理，使菌丝恢复生长，累积营养，经6～8d后进行催菇，促其出菇。

发酵料栽培菇体采收及收后管理：菇体发育达七八成熟后，适时采收。采收完 1～2 潮菇后，可去掉两端老菌丝和残留菇蕾，若袋内水分或营养不足，可浸泡或添加营养液（见生料、熟料栽培）。

（五）效益分析

目前平菇生产多以棚室为主，产品上市多集中于冬春季节，夏季菇少，同期大批上市造成短期内供大于求，影响生产者收益。采取林地发展模式，主要是用上层植被创造的小环境来进行食用菌生产，在北方地区，其生产周期在一年当中的 4～11 月，结合适当的调控技术，可以于林木生长旺盛的夏季持续、批量上市，弥补传统人工生产和自然采摘量少、难以满足市场需求的缺憾，从而创造出可观的经济效益。采用自动化微喷技术后，可以大大降低人工和水电资源的消耗，降低投资，同时消除人工模式下，因人为差异引起的产品质量参差不齐和滥施农药的现象，显著提高一级品率，满足无害化生产要求。

平菇是市场上最常见的食用菌，消费量在各类食用菌中占第一位，培养料来源广，成本低，管理技术简单，不论是林下种植，还是棚室栽培，都可以获得比较稳定的收益。

在林下发展平菇，1 亩纯林地可以放置平菇菌棒 1 万个，每个菌棒可出菇 1.2kg，按 4 元/kg 计算，销售收入可以达到 4.8 万元/亩，菌棒的成本及拱棚、微喷系统的摊销成本、人工成本等约 3 万元，故每亩纯收入可以达到 1.8 万元。

需要说明的是，在林下栽培食用菌，廊坊市农林科学院采用了自动化节水微喷系统，节省了投资：①节省人工费用：以此系统代替人工实施喷水作业，节省雇工费 126.4 元/亩，节省了 46.8%；②节约水资源：应用本系统后，用水量为 283.5m^3/亩，每生产周期内比人工模式节水 256.5m^3/亩，节约了 47.5%；③节约电能：应用自动喷水模式，系统及喷水作业总耗电量比人工作业模式下节约用电 169.54KWH/亩；比人工模式节约水电费用为 135.6 元/亩。此外，采用自动化微喷作业后，一级菇出菇率可由人工模式的 40% 提高到了 65%；单个菌棒一级菇产量提高了 62.5%；单个菌棒收入提高了 28.6%。

二、香菇

香菇［*Lentinus edodes*（Berk.）Sing.］又称香菌或冬菇、香蕈，隶属于担子菌亚门，层菌纲，伞菌目，白蘑科，香菇属（斗菇属，微香菇属）。香菇质洁味腴，营养丰富，有“素中之荤，菇中之王”的美称。鲜香菇含水量 85%～90%，固形物中含粗蛋白 19.9%，粗脂肪 4%，粗纤维 7%，碳水化合物 67%。每百克干品中，含水分 13g，蛋白质 20g，脂肪 1.8g，碳水化合物 54g，粗纤维 7.8g，灰分 4.9g，钙 124mg，磷 415mg，铁 25.3mg，维生素 $B_2$1.13mg，尼克酸 18.9mg。香菇内含的 18 种氨基酸中有 8 种是人体所必需。香菇性平、甘，含抗肿瘤成分——香菇多糖，含降低血脂的成分——香菇素，以及抗病毒成分——双链核糖核酸，是不可多得的保健食品。

香菇自然寄生于栗、槲等树干上，具有很高的食用价值，在世界各地均有栽培。其栽培源于中国，1965 年前延用“倒木砍花种菇”，即原木栽培，后改段木栽培，现又推广代料栽培。湖北、湖南、广东、广西、浙江、福建、台湾、安徽、江西、河北、河南等省（自治区）均有栽培。

（一）生长发育条件

香菇是一种木腐菌，其适宜生存环境和其他食用菌相似，也需要合理的营养、水分、空气湿度、温度、光照和 pH 值等。

1. 营养　香菇需要的主要营养成分是碳水化合物和含氮化合物、少量的无机盐、维生素等。香菇最易利用的碳源为单糖类，其次为双糖类，多糖类几乎不能利用。蔗糖浓度为 8%，子实体发生非常好。香菇菌丝营养生长阶段，碳源和氮源的比例以（25~40）：1 为好；在生殖生长阶段，适宜的碳氮比是 60：1。含氮化合物主要为有机氮和铵态氮。在培养料配制过程中，不要盲目增加碳源和氮源，碳源过多，易使培养料酸碱度下降过快，造成烂棒；氮源过多则会造成菌丝徒长，不利于过渡到生殖生长阶段，同时，易产生大量的畸形菇。

香菇菌丝生长需要 Mg、S、P、K，还需 Fe、Zn、Mn 三种元素同时存在。此外，菌丝的生长发育必须吸收维生素 B_1；腺嘌呤和胞嘧啶可以促进菌丝的生长。

2. 水分　外界营养物质只有溶解在水里，才能被香菇的细胞吸收，代谢产物也只有溶解在水中，才能排出体外。短期缺水，香菇菌丝处于休眠状态，长期缺水菌丝死亡。在不同发育阶段，香菇对水分的要求不同。

在适宜温度下，孢子在水中或培养液中萌发率达 80%~100%；木屑培养基中，菌丝体生长的最适含水量为 55%~60%；子实体的生长发育也需要适宜的水分（60%），水分过高或不足，都不能得到优质香菇。

菌丝生长阶段，空气相对湿度以 60%~70% 为宜；空气相对湿度 80%~90% 有利于出菇。

3. 温度　香菇担孢子萌发的适宜温度为 22~26℃，对高温的抵抗力弱，对低温的抵抗力较强。香菇菌丝发育的温度范围为 5~32℃，最适温度 24~27℃。低温菌丝发育缓慢，超过 25℃菌丝生长速度迅速下降。

香菇是低温和变温结实性菇类。给予温差、湿差刺激可促使香菇整齐发生。香菇原基在 8~21℃条件下分化，在 10~12℃条件下分化最好；子实体在 5~24℃范围内发育，8~16℃为最适。

低温品种在低温条件下菇体质量好，而高温品种则在高温条件下出菇良好。同一品种，在适温范围内，较低温度（10~12℃）子实体发育慢，质量好，不易开伞，多出厚菇；在高温条件下（20℃以上）香菇发育快，质量差，质地柔软，易开伞，多出高脚薄菇。在恒温条件下，香菇菌丝可形成“爆米花”状原基，但不能发育成子实体。

4. 光照　香菇是需光性真菌。但在菌丝生长阶段完全不需要光照，在黑暗条件下生长最快。子实体的分化和生长发育则需要光照，最适光照强度 50~100lx，分化后的原基在暗处会徒长，盖小、柄长、色淡、肉薄、质劣。菌丝培养的中后期，需要给予一定的散射光。

5. 空气　香菇是好气性真菌，需要足够的新鲜空气。空气不流通、O_2 不足，香菇菌丝的生长和子实体发育受到抑制并导致死亡。

6. 酸碱度　菌丝生长的最适 pH 值是 5~6；适宜香菇原基的形成和子实体的发育的

pH 值是 3.5 ~4.5。

（二）栽培时间

林下发展香菇的季节一般选在 12 月到翌年 3 月装袋接种，生产菌棒。此时气候寒冷干燥、空气较洁净、杂菌少，可以减少污染机会，提高成功率。1 ~5 月为发菌培养阶段，出菇期在 5 ~9 月。菌棒在 5 月 1 日前后出菇，确保发菌期气温较低，转色期处于最佳的温度，保证正常转色出菇。

（三）栽培管理

林下发展香菇多采用熟料（高温灭菌的菌棒）栽培，是以硬杂木屑、棉籽壳等培养料为主料，以麸皮、米糠等为辅料，装入塑料袋内，发菌出菇。

此外，夏季生产必须选择高温型品种，如适应性好、耐高温出菇的武香 1 号、931 等品种。

1. 原料选择及配方 栽培香菇要选用硬质木屑如栎木、苹果、桃等木屑，不能有木片、木条等。加入的辅料调节碳氮比、增加营养，主要用麸皮或米糠，要求新鲜，无霉变、虫蛀。米糠要用不含粗壳的细糠。石膏宜细，工业用石膏也可以使用。

配方 1：木屑 83%、麸皮 16%、石膏粉 1%、石灰 0.2%；

配方 2：麦麸 18%、棉籽壳 20%、硬杂木屑 50%、细木屑（杨柳木）10%、石膏粉 2%；

配方 3：杂木屑 78%、麦麸 20%、糖 1%、石膏粉 1%；

配方 4：木屑 78%、麸皮 20%、石膏粉 1%、石灰 1%；

配方 5：木屑 77%、麸皮 15%、玉米粉 5%、石膏粉 1%、石灰 1%、过磷酸钙 1%。

在以上培养料配方中，石膏粉是调节酸碱度的缓冲剂，具体用量可随温度的变化作适当调整，通常用量范围在 0.8% ~2%。温度高时，微生物活动量大，培养料酸碱度容易变低，石膏粉用量可适当增加，反之，可适当减少。

培养料配制要做到“一准二匀”，即称量准确，原辅料搅拌均匀，料水均匀。将木屑和麸皮、石膏粉等按需要量称好，先将其干料混匀，其他辅料溶于水中，然后分别加入木屑干料中，用搅拌机搅拌均匀，料水比 1：（1.2 ~1.3），培养料含水量控制在 55% 左右，防止过干过湿。

2. 装袋灭菌与接种 装袋有手工装袋和机器装袋。栽培量大，一次灭菌达到 1 000袋以上的最好用机器装袋，一台装袋机 1 小时可装 1 200袋，效率较高。无论哪种装袋，都要求装好的料袋均匀一致，手捏时有弹性不下陷。料袋装满后，及时扎口。

装袋后采用高温常压灭菌、半开放式打穴接种。

3. 发菌管理 接种后的菌棒放入培养室培养，培养室保持清洁、干燥、黑暗、通风良好。使用前，喷雾消毒，地面撒上石灰粉。按“井”形排放菌袋，高 8 ~10 层，空气湿度以 55% ~65% 为宜，宁干勿湿。接种后 10 ~20d，当接种点扩大到 5 ~7cm 时，第一次翻垛；当接种点菌丝基本相连时，第二次翻垛，并根据室温适当降低垛层。当菌丝逐渐长满袋时，菌袋会出现一些瘤状物，此时可在菌袋上刺孔 10 ~15 个，孔深 1.5cm 左右，

增加菌袋供氧量，使菌丝和 O_2 充分接触，满足菌丝旺盛生长时对 O_2 的需求。这个阶段在菌棒生产厂完成。此期关键因素是温度和通风供氧。

（1）菌袋温度管理　香菇菌丝 5～32℃均可生长，24～27℃最适宜，超过 30℃生长不良。春栽香菇菌丝生长时间较充裕，接种后菌袋温度在 10℃左右即可，不必加温。如果发展稍晚，菌丝生长时间短，则严格控制菌袋温度在 24～27℃。

（2）通风供氧　菌丝生长后期，呼吸产生的生物热使菌袋温度高时，要加强通风，防止袋温超过 35℃，严防“烧堆”。当菌丝长满袋时，第一次扎孔，即在棒表面均匀扎 2～4 排孔，深 2.0～2.5cm。菌棒表面如有瘤状物，注意扎孔时不能扎在瘤状物上，而应扎在瘤状物周围。当菌棒由硬变软，有弹性，表面瘤状物面积占总面积的 2/3，呈红棕色；菌柱和袋膜之间出现间隙，表明菌棒发育成熟。

（3）定期检查　有感染杂菌的菌袋及时挑出，感染较轻的隔离存放培养，用 20% 福尔马林药液或 5% 石炭酸溶液注入杂菌侵染部位予以消毒控制；感染较重集中掩埋，使杂菌菌丝无法生长而死亡。

4. 转色管理　转色管理可在林下进行。当菌袋上的凸起由硬变软后，在不脱袋的条件下菌袋变为棕褐色，此为转色。不脱袋转色的条件是菌棒发育必须达到生理成熟，温度保持 20℃（不超过 25℃），温差要小，空气相对湿度为 80%～85%，湿差大于 5%，散射光为 100～300lx。转色期间菌丝开始分泌无色透明的水珠，逐渐变成淡黄色，后变成棕褐色。温度高时分泌多，低时分泌少。通常对褐色的汁液要及时排出，否则会造成烂袋，影响出菇。转色期间可以进行第二次扎孔，目的是排废气、增氧、调水分、放出黄水，使菌柱和袋膜脱离。转色的好坏，直接影响出菇快慢及质量好坏和产量的高低。转色嫩时出菇早、出菇密、菇质差；转色老时出菇迟、出菇少、菇质好、有后劲。转色期温度以 18～22℃为好，适当通风。空气相对湿度保持 80%～90% 为宜，菌袋内含水量在 50%～55%，散射光照。

林地转色可将菌袋从发菌室移至树行间阴凉处，码 4～6 层，遮盖 1～2 层遮阳网，让自然风吹，遇到下雨时，上面加盖一层塑料膜即可。当绒毛状菌丝倒伏分泌色素，由白色转为粉色逐渐为茶褐色，转色基本结束。

转色期间不要翻动菌袋，以免两次出现转色，造成转色过厚，不易出菇或不出菇，形成“哑巴”袋。

5. 出菇管理　林地栽培香菇，在小拱棚内立式摆放出菇。出菇是栽培香菇的最关键、最重要的环节。在菇棚内香菇出菇结束后，即可脱袋催蕾。催蕾要求温度控制在 16～25℃，温差 5～10℃，保持 7d 左右，最高温度不能超过 28℃；相对湿度要高一些，为 80%～90%，注意增湿保湿，少喷勤喷，棚膜内有凝结水珠；保持空气清新，通风和喷水相结合。白天菇床盖膜，夜晚揭膜通风，并向菇床喷水增加湿度，经 5～7d 的冷暖、干湿和明暗光线的同步刺激，采用这些措施促使菌丝纽结成原基，使菌皮裂开，露出白色菌丝，见光后变浅褐色并分化为小菇蕾。

通过遮盖物和调节通风强度使棚内温度保持 30℃以下；北方地区气候干燥，在出菇期间应注意保湿，早晚喷水。菇蕾小时轻喷，但不能直接喷到菇蕾上，防止菇蕾死亡；菇大时多喷，湿度控制在 85%～90%；菇成熟时停止喷水。此外，要加强通风，通风不好

易形成畸形菇。去掉周围的遮挡物，使林地通风畅通，形成天然的冷凉环境。

（四）采收与收后管理

香菇在七八成熟，即菇盖基本展开，菇边内卷呈铜锣边，菌膜没有完全破裂，菌褶露出一部分时为采收适期。此时菇形、菇质、风味、色泽等均为最佳时期。早则产量低，晚则开伞质量差。采收时选择晴天，避免空气湿度大时采摘。采收前数小时内不能喷水，减少菇体内的含水量，延长子实体的保鲜时间。采菇时要一手拿菌棒，一手捏住菇柄，先四边摇晃几下，再旋转拧起，不要生拉硬拔，避免碰伤周围小菇蕾，也不要把菇根留在菌棒上，不要碰伤菇盖。采收下的菇要轻拿轻放，及时分选装筐，尽量不要挤、擦、碰、摔，使菇体受伤。第一潮菇采收结束后，停止喷水，晾棒 7～10d 后，让菌丝恢复生长，进一步降解培养料，使之间歇养菌。随后根据菌棒失水情况往菌棒内注水，使菌棒恢复到原始重量，再经以上管理措施，刺激第二潮菇形成。一般可采 4～5 潮菇。

（五）效益分析

林下栽培香菇不仅充分利用林地资源，解决农业废弃物利用，节约资源，维护生态环境，还为人类提供味美质优的保健营养食品，更为农民致富和创取外汇立下汗马功劳。据申进文在河南省调查，每户农民种植 2 000袋香菇，净收入 7 920～19 920元；廊坊市农林科学院在文安县桑园村和廊坊市广阳区北旺村调查，一年栽植香菇和鸡腿菇或毛木耳两茬，每亩林地年纯收入 10 800～12 800元，经济效益非常可观。尤其是香菇的保健作用已逐渐被人们认识到，逐步进入人们的饮食中，成为改变人民饮食结构和提高生活水平的重要种类。国内外市场需求量也从几万吨上升到 150 万吨，发展前景良好。

三、鸡腿菇

鸡腿菇［*Coprinus comatus*（Muell ex Fr.）S. F. Gray.］又名鸡腿蘑、毛腿鬼伞、刺蘑菇、牛粪菌，隶属担子菌亚门，层菌纲，伞菌目，鬼伞科，鬼伞属。

鲜鸡腿菇肉质细嫩、味如鸡丝，外形似“鸡腿”，故名鸡腿菇。具有高蛋白、低脂肪、低热量的特性，色香味俱佳，适用于炒、炖、煲汤，是市场畅销菇之一。鲜菇含水量 92.9%，每百克干品中含蛋白质 25.4g，粗纤维 7.3g，总糖 58.8g（其中，无氮碳水化合物 51.5g），粗脂肪 3.3g，灰分 5.72g，热能值 1.448×10^{6}J。鸡腿菇富含 20 种氨基酸（其中，有 8 种是人体必需），总量 25.63%，人体必需的 8 种氨基酸占总量的 46.51%。鸡腿菇味甘、滑，性平，具有独特的医疗保健功效，可预防动脉硬化、心脏病、肥胖症和痔疮，可提高人体免疫力和抗病能力。所含腺嘌呤、胆碱等生物碱可降低人体血糖水平，是糖尿病患者的优选食品。另据《中国药用真菌图鉴》记载，鸡腿菇热水提取物对小白鼠肉瘤 180 和艾氏癌抑制率分别为 100% 和 90%。

（一）生长发育条件

鸡腿菇是一种生长能力极强的草腐土生菌，好气性真菌，属中温性菇类，适合在中国北方地区生长。其生长发育条件如下。

1. 营养 鸡腿菇生长所需的营养物质有碳素、氮素、无机盐和生长素等。栽培种所需营养主要从农产品废弃物中获得。如棉籽壳、棉渣、稻草、麦秸、玉米芯、玉米秸秆、阔叶木屑、麦麸、牛粪、马粪、石膏、石灰等。

2. 水分 栽培料中的水分，最佳范围为60%~70%，菌丝生长快，长势旺盛。若含水量低于50%，影响菌丝生长；含水量超过70%，造成通气性差，导致菌丝生长缓慢。栽培期间，小环境中的空气湿度也非常重要，过低导致栽培料失水过快，过高易受杂菌污染而患病，最佳相对湿度60%~70%。子实体生长发育期间相对湿度要求80%~90%。低于70%易使子实体菌盖出现许多鳞片，呈现不光滑，严重者菇干而死。超过95%又易引起细菌性病原菌感染，导致幼菇霉烂而死。

鸡腿菇栽培中，无论是熟料还是生料发酵，直播或脱袋栽培，均需在栽培料上面覆土，而土层的含水量也很关键。通过土层含水量调节小环境中的空气湿度，要求土层保持微湿润，最佳含水量18%，水分高易使子实体菌柄变色，出现褐斑，降低质量。

3. 温度 鸡腿菇菌丝生长适应范围为7~35℃，最适温度24~28℃。低温菌丝生长缓慢，稀疏细弱；高温菌丝生长虽快，粗壮，容易长成束状菌丝，变色老化。超过35℃或低于6℃，菌丝停止生长。出菇适宜温度为9~28℃，最适温度15~18℃。温度合适子实体个大、粗壮、柄长，菌盖洁白短而胖，不易开伞或患病。否则，温度偏低，子实体生长缓慢，个体虽大但菌盖包裹结实不易开伞；温度偏高，子实体生长快，瘦小、柄短细小，盖长而小，组织疏松，子实体不洁白，并有褐色斑点。

4. 光照 鸡腿菇菌丝生长期间，要求光线暗的环境，强光抑制菌丝生长。菇蕾分化时需要弱光（光强300~500lx），长出的子实体洁白，表面光滑，质量优异。强光照射，易出现干燥，菌盖出现不光滑的褐色鳞片，降低质量。

5. 空气 鸡腿菇是一种好气性真菌，特别是在子实体生长发育期间，需要充足的O_2。CO_2浓度太高，促进菇柄生长，抑制了菇盖发育，形成畸形菇，甚至幼菇死亡。结合幼菇管理和气温变化，掀棚通风，提供充足的O_2。

6. 酸碱度 鸡腿菇生长的pH值范围为2~13，最适宜是6.8~7.2。配料时，可用石灰将pH值调制8~9，因为菌丝生长过程中，会产生有机酸类物质增加酸度。随着生长发育逐渐使培养料的pH值趋于适宜范围。

总之，鸡腿菇生长发育中，需要各种条件的配合，只有人为地创造它所需的营养、水分、温度、光照、空气和酸碱度等，才能促其正常生长发育，获得高产、稳产和优质产品。

（二）栽培时间

中国北方林地栽培鸡腿菇的时间为3月下旬至5月上旬或8月下旬至11月上旬。

（三）栽培管理

鸡腿菇有发酵料和熟料栽培两种方式。栽培方法分为菌棒覆土栽培与直播栽培。现将发酵料栽培和熟料栽培分别介绍如下。

1. 发酵料栽培

（1）基质配方　经几年试验、生产和推广，下述 3 种配方较为理想，供种植者选用。

配方 1：棉籽壳 78%、麦麸 20%、石灰 1.8%、多菌灵 0.1%、磷酸二氢钾 0.1%；

配方 2：木屑 30%、棉籽壳 58%、麦麸 8%、蔗糖 1%、石灰 2%，微量元素 1%；

配方 3：木屑 60%、棉籽壳 20%、麦麸 15%、玉米面 3%、石灰 1%，磷酸二氢钾和微量元素 1%。

（2）培养料发酵　入林地前 30d，进行生料发酵。选择一块干净的平地，进行地面消毒与杀虫。将磷酸二氢钾用水稀释，拌入棉籽壳和木屑中，拌匀后用手将料握起，以滴 3～4 滴水为度，堆成宽 1m，高 1.0～1.2m，长不限的料堆。在料堆中间打几个孔，通风和加快发酵，闷堆 7～10d。在堆中间插一支温度计，当堆温达到 65℃左右时，开始翻堆，翻 3～4 次发现料堆中间无白心时，说明已吃透水，可以拌料。拌料前将辅料麦麸、石灰、多菌灵等拌匀后，再与主料混匀。全料含水量达到 65%。加减石灰将 pH 值调至 7～8。当料质松软，富有弹性，发酵完毕，可以装袋或铺入林地畦床。

（3）品种选择　市场上鸡腿菇品种多，应选用发菌快、适温广、出菇早、产量高并适应培养料栽培的品种。廊坊市农林科学院几年来常用的品种是江苏省天达食用菌研究所培育的 cc900 和纯白 978。cc900 出菇温度 13～32℃，菇体洁白，鳞片少，个大均匀，产量高，菌柄短粗，抗鸡爪菌能力强，可采摘 4 茬；纯白 978，出菇温度 10～32℃，菇体中等纯白，鳞片少，多丛生，产量高。

（4）菌棒覆土栽培

①装袋、接种　当堆积的发酵料温度降至 28℃开始装袋（塑料袋规格 22cm×55cm），先将栽培种袋剥开，掰碎菌种块，其大小如同蚕豆或红枣。将空袋一头扎紧，放入第一层菌种，上面放一层 8cm 发酵料，再放一层菌种，再放发酵料，最后一层放菌种后扎口，共放四层菌三层料（中间菌种放在袋的周围）。也可以随机接种，一边放发酵料一边放菌种，但菌种之间距离不超过 6cm。两种接种方法的关键是菌料比为 1：5，装料松紧要适宜。

②发菌管理　接种好的菌袋放在大棚内堆垛发菌。室温 20～25℃，相对湿度 70% 左右，不需要光照，黑暗利于菌丝生长。每隔 8d 翻垛一次，做到上下、里外、侧向相对调，以便菌袋通风换气均匀，发菌平衡。翻垛过程中，将发菌不好和有污染的菌袋全部挑出。经 20～25d 培养，菌丝长满菌袋，便可入林地栽培。

③林地畦床制作　在林地行间做畦床，畦宽 1.5m，长度依林而定，畦深 40cm，畦床做成龟背形，用 3% 的石灰水浸畦床和四周，在畦四周挖一圈浅沟，以利排水。为了保温保湿，在畦上搭一个小拱棚。

④菌棒入畦　入畦前在畦底撒一层石灰或喷 5% 石灰水，四周土埂上喷 1 000倍多菌灵或高锰酸钾溶液。将发好菌的菌棒脱袋后卧放在畦床上，注意轻拿轻放，以免弄碎菌棒，菌棒间距 2～3cm。将备好的覆土盖在菌棒上，厚度 3～5cm，空隙间用覆土充实填满。覆土后用水浇透，再覆土找平，最后苫上小拱棚的塑料膜。

（5）直播栽培

①菌种直播　播种前畦面处理和畦周围杀虫灭菌均同于脱袋栽培。畦床内拍实后浇水

或畦底铺一层地膜后再上料播种。播种方法很简单，铺一层发酵料，厚度5cm，铺平稍加压实，铺上第一层栽培菌种（同脱袋栽培的菌种），将菌块掰成蚕豆大小块，均匀摆放在料面上（菌块之间不超过6cm），再铺第二层料，厚度10cm，上铺第二层菌种，第三层料厚5cm，最后铺第三层菌种。播种量是发酵料的20%，第一、第二层各占总菌量的30%，最上层为40%。播完种，用消过毒的木板拍平压实，并用1cm粗的木棒打孔通气，孔距15cm，插一个温度计于料内，观察料温。最上层铺一层薄料，再盖一层报纸或黑色薄膜保湿。

②发菌管理　接种后，小拱棚内温度控制在22～28℃，高于或低于该温度范围，均要采取措施。播种后第四天开始，每天要掀膜通风1次（时间依据棚内温度，温度高在早晨或傍晚通风，温度低在中午通风），每次1h，以排废气。经20～30d培养，菌丝即可吃透培养料。

③覆土　鸡腿菇是一种草腐生菌，最大生理特点是不覆土不出菇。覆土能促进鸡腿菇菌丝由营养生长转为生殖生长，诱导原基形成。当菌丝长到料底或蔓延至料层2/3时，即可覆土（播种后18～20d进行）。覆土材料可用菜园沃土或火烧肥土，但pH值调到中性，含水量25%～30%。覆土厚度3～5cm。覆土后立即喷水，其量为土面略见水而又不易下渗为宜。温度控制在22～28℃，相对湿度提高到80%～90%。

（6）出菇管理　关键是温湿度控制，温度22～25℃，相对湿度75%～80%。半月后在覆土上会出现大量鸡腿菇菌丝，进入出菇管理，既要掌握温湿度，还要注重通风增氧。通风时间依气温而定，低温时可在无风的11：00～14：00时，高温时宜在早晨或晚上。同时，要注意保湿，相对湿度为80%～90%。畦面直播管理，当鸡腿菇菌丝长至接近地面时，喷一次水，促使绒毛状菌丝倒伏，进而形成幼菇。但喷水要少喷、勤喷，使土壤湿润即可。为了幼菇生长，可以加大昼夜温差至6～8℃，通过夜间通风降温或喷水降温，使温度保持在12～24℃。

2. 熟料栽培

（1）基质配方

配方1：发酵棉籽壳87%，麸皮或米糠10%，石膏1%，石灰2%，含水量65%；

配方2：发酵棉籽壳50%，玉米芯37%，麸皮10%，石膏1%，石灰2%，含水量60%～65%；

配方3：发酵棉籽壳87%，麸皮（米糠）10%，石膏1%，石灰2%，含水量60%～65%；

配方4：发酵棉籽壳37%，玉米芯30%，稻草或麦草粉20%，麸皮10%，石膏1%，石灰2%，含水量60%～65%；

配方5：发酵棉籽壳50%，秸秆粉37%，麸皮（米糠）10%，石膏1%，石灰2%，含水量60%～65%；

配方6：发酵棉籽壳50%，玉米芯37%，麸皮10%，石膏1%，石灰2%，含水量60%～65%。

（2）装袋灭菌与接种　有手工装袋和机器装袋。采用高温常压灭菌及半开放式打穴接种。

（3）发菌管理　参考发酵料栽培。

（4）林地开畦　方法参考发酵料栽培。开好畦后，可以在畦床上浇上粪水和家畜粪，增加畦床土壤养分，对于提高鸡腿菇的产量有利。

（5）脱袋入畦　北方地区适宜在8月和3月脱袋入畦、埋土，即夏季结束时脱袋埋土，9～10月出菇。夏末埋土栽培，宜采用直立排放菌棒的方法，延长出菇周期，提高生物转化率。冬末和春初栽培，出菇期短，宜采用横卧菌棒的方式出菇，增加出菇面积，缩短出菇期。南方地区适宜在9月和2月脱袋埋土，在10～11月出菇。越冬后，在翌年的3～5月继续出菇，有利于提高鸡腿菇的产量。

（四）采收与收后管理

鸡腿菇从出现菇蕾到成熟需5～8d，气温高时间短，相反则长。当子实体长至八成熟，即菌盖边缘菌环刚刚开始松动，菌盖尚未出现反卷毛状鳞片时，即可采收。所采菇品质好，产量高，商品性好。采摘时，用手轻轻提拉菇体旋转式拔起，用利刀削除菇脚泥土，即成商品。采摘完毕，及时除掉老菇脚和残渣，在床面上填补新土，继续养菌出菇管理。第一潮采收完毕，清除衰老萎缩的老菌丝、菌根和死菇、病菇、残疾菇、污染菇以及被污染的土壤。随后用菜园沃土或火烧肥土进行补土，达到未出菇前的平坦。停水养菌2～3d，使菌丝有时间积累营养，以利下潮出菇。同前重复出菇管理至采收，一般可连采4～5潮菇。

进入深秋，天气转凉，达不到菇蕾形成的温度，就采取越冬管理。将菌床清理干净，特别是对覆土层和培养料中的虫害和病害以及老菌根除净。然后，撒一层干石灰粉（250g/m^2）于覆土层，用小钉耙耙一遍，使覆土层变松软，以利保温。小拱棚及周围塑料薄膜严密，再蒙上一层草帘以保温越冬。翌年温度达到15～20℃时，掀开盖膜喷水保湿，以促菌丝恢复生长，步入出菇管理。

鸡腿菇贮藏期较短，幼菇在4℃条件下保存7d，12℃只能保存4d，否则，易自溶或霉烂，应及时鲜销或腌渍、干制或制罐头。

前面讲的是培养料发酵后的脱袋栽培和直播栽培，虽说不需要灭菌设施和菌棒生产的配套设施，降低了成本，但产量与质量不如熟料脱袋栽培高。有条件地区最好采用熟料栽培。

（五）效益分析

鸡腿菇生产投资小，设备简单，见效快，回收期短，规模可大可小，林间场地宽阔，便于操作，工作环境好。据河北省文安县桑园新村和廊坊市广阳区北旺村调查，每亩纯林地可放置鸡腿菇菌棒1万个，每个菌棒纯收入为1.5～1.8元，亩纯收入可达1.5万～1.8万元。该项种植为农民致富、新农村建设以及改善农村生态环境都起到了促进作用。联合国粮农组织（FAO）和世界卫生组织（WHO）将鸡腿菇生产确定为16种珍稀食用菌之一，其价值也逐渐被人们所认可接受，故种植鸡腿菇前景广阔。

四、双孢菇

双孢菇（*Agaricus bisporus*）又名蘑菇、白蘑菇、洋蘑菇。隶属担子菌亚目，蘑菇目，蘑菇科，蘑菇属。是世界上栽培广、产量多、消费普遍的一种食用菌，视它为“菜中之王”。据分析，每100g双孢菇干品中含蛋白质36.1～40g，脂肪3.6g，碳水化合物31.2g，P 718mg，Fe 188.5mg，Ca 131mg，灰分4.2g，粗纤维6.0g，热量1 264.8kJ。双孢菇所含18种氨基酸中，有8种是人体所必需。中医认为，双孢菇菌味甘平，有提神、消食、平肝阳等功效。所含蘑菇多糖和异蛋白具有一定的抗癌作用；所含酪氨酸酶能降低胆固醇、血压，可作食品降压剂；所含胰蛋白酶、麦芽糖、麦芽糖酶、解朊酶有助于人体消化、血糖降低与提高免疫力，是理想的保健食品。主要产区有福建、广东、浙江、江苏、四川、上海、湖南、江南、广西等省、市、自治区。

（一）生长发育条件

双孢菇栽培产量的高低，除了优良的菌种外，科学的栽培技术和适宜的生长条件，也是重要因素。

1. 营养　双孢菇是一种草腐菌，为异养生物，本身不具有光合作用的功能，其整个生长发育过程是通过菌丝体吸收培养基质中的营养物质来完成的。双孢菇所需要的营养物质主要是碳源和氮源及各种矿物质。

（1）碳素营养　双孢菇可以利用的碳水化合物有葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、木聚糖、淀粉、木质素、纤维素等，生产上常用能够提供碳源的原材料主要有麦秸、稻草、玉米秆、油菜秆、棉籽壳等。

（2）氮素营养　双孢菇菌丝需要的氮素营养主要来自培养料中的有机氮。菌丝不能直接利用蛋白质，培养料在发酵过程中，喜热微生物利用氨等物质转化为菌体蛋白，菌体蛋白经分解后，成为双孢菇生长的良好氮源。

（3）矿物质　双孢菇生长发育过程中，还需要一些矿物质，如P、K、Ca、Mg、Na、Fe、Cu、Mo、Zn等，P参与核酸合成，同时促进菌丝对N、C的吸收利用，因此，在配制培养基时还要按照一定的比例加过磷酸钙、石膏、石灰等以满足双孢菇生长发育的需要。

2. 水分　双孢菇对水的吸收主要来自培养料及覆土中的水分。菌丝体生长阶段要求培养料含水量60%～65%，过干或过湿对菌丝的生长均不利，培养料含水量低于50%时，菌丝生长缓慢，绒毛菌丝多而纤细，子实体难以形成，高于70%会引起通风不良，影响菌丝正常生长。空气相对湿度70%左右。子实体生长阶段覆土含水量保持在18%～20%，低于18%，子实体瘦小，色黄粗糙，影响产量和品质；空气相对湿度85%～90%，超过95%，菌盖易发生各种细菌性病斑，若低于70%，菌盖表面变硬，易空心、白心，低于50%，停止出菇，菇蕾会枯萎死亡。

3. 温度　适宜的温度条件是保证双孢菇正常生长的主要环境因子之一，菌丝生长的温度范围为5～33℃，最适22～24℃，温度偏低，则菌丝生长慢，但粗壮浓白，温度偏高，菌丝生长速度快，但纤细无力。若温度持续高于30℃以上时，菌丝衰老速度快，并

且发黄而自溶。子实体生长发育的温度范围是8~22℃，最适生长温度为13~16℃。子实体生长快，品质欠佳。10℃左右时生长速度慢，子实体肥大，肉质致密，单体重，产量高。孢子成熟温度为18~20℃，孢子萌发温度是24~26℃。27℃以上，孢子停止散发。

4. 氧气 双孢菇属好气性菌类。菌丝体阶段、子实体阶段都需要充足的新鲜空气，同时培养料继续分解也在消耗 O_2，床面环境中的 CO_2 浓度不断积累，当浓度超过0.5%时明显影响菌丝及子实体的生长，严重时会导致萎缩死亡。出菇阶段，CO_2 浓度应控制在0.1%以下，菇棚始终保持良好的通风。

5. 光照 双孢菇菌丝可在较暗的环境下生长，子实体发育阶段需要适当的散射光刺激，促使其形成和生长。子实体在阴暗的环境下长得洁白、肥大，若光线太强，长出的子实体表面硬化，畸形菇多，商品价值差。

6. 酸碱度 双孢菇菌丝生长的适宜酸碱度为5.0~8.0，偏酸对菌丝体和子实体生长都不利，而且容易孳生杂菌。最适6.5~7.0，因为菌丝生长时会产生有机酸，使培养料的pH值下降，所以，进棚前培养料的pH值应调至7.5~8.0，土粒的pH值应在8~8.5。每采完一期菇喷水时适当放点石灰，以保持较高的pH值，抑制杂菌孳生。

（二）栽培时间

双孢菇栽培主要是利用自然温度进行春秋两季栽培。多数为秋季一次播种，秋春两季出菇。中国南北气候差异很大，应根据地方气候特点，科学地选择播种时间。

长江以南地区宜选在8月中旬堆料，9月中旬播种。长江以北则可提前20d堆料播种。东北地区一般5月份生产或定作栽培种，6月份进行培养料发酵，7月初播种，8月20日到10月末出菇。播种过早，菌丝和子实体可受高温为害；播种过晚，因出菇期短而降低产量。

（三）栽培管理

1. 培养料的配制 培养料是双孢菇生长的营养基础，其质量的优劣直接影响其产量。经过多次试验结果，其中，粪肥以牛粪和猪粪的产量最为理想，秸秆是麦秸、稻草、玉米秆及其他的禾本科植物秸秆，但必须是新鲜、未经雨淋的。适宜双孢菇生长的C/N以（30~35）：1较为适宜，粪草干重比以6：4为宜。

常用配方（以下配方均以培养料干重计算）：

麦秸40%，猪、牛粪58%，石膏1%、过磷酸钙1%。

稻草35%，牛粪61%，花生饼2%，尿素0.5%，硫酸铵0.5%，过磷酸钙1%。

稻草90%，菜籽饼10%，尿素0.1%，磷肥1%，石灰3%，克霉净0.2%。

麦草（稻草）90%，粪肥10%，磷肥1%，石灰3%，克霉净0.2%，尿素0.2%。

麦秸或稻草80%，棉籽壳20%，磷肥1%，尿素0.1%，石灰3%，克霉净0.2%。

2. 培养料的发酵

（1）发酵前的准备 发酵场地要靠近菇棚和水源，地势高燥且平坦，一般不在土面上直接发酵，最好采用水泥地面，或者在临时用砖砌成的平面上进行发酵。粪料要进行筛捡，剔除瓦砾等杂物，植物秸秆要用铡刀切成20cm左右的段，利于拌料和发酵。粪草的

堆制发酵应在播种前30d左右进行。

（2）发酵料的堆制与翻堆 秸秆堆制之前要浸泡湿润，捞出后沥干，粪肥要喷水预湿。建堆方向以南北向为宜，料堆宽2m，高1.5m，长度视料的数量而定，然后按一层料一层粪相间堆制，秸秆厚20cm左右，粪肥5～6cm厚，堆的四周竖直，堆好后在堆顶撒一层3～5cm的秸秆，顶堆成弧形，防止日晒雨淋。堆后4～5d堆中心温度可达到65～75℃，此时微生物大量繁殖将复杂的有机物降解为简单的可溶性有机物，同时高温还可杀死病原微生物的孢子及虫卵。但高温持续时间过长会造成养分消耗过多，所以当料温达到75℃时要及时翻堆，一般堆后6～7d进行第一次翻堆。如果堆温低于40℃说明发酵不正常，一般是料干引起的，应当通过翻堆补足水。第二次翻堆是第一次翻堆后5～6d，以后翻堆时间间隔4～5d，从堆料到发酵结束需要30d左右，需翻堆4～5次。在堆料发酵过程中要不断加入矿物质，改善培养料的理化性质，各种矿物质在翻料过程中分别加入，先加入过磷酸钙，再加入硫酸铵，最后是石灰。

（3）二次发酵 二次发酵是在前发酵的基础上，将培养料运进菇棚后播种前进行一次短时间的高温发酵，其作用是将培养料发酵得更好，各种营养物质更容易吸收利用，料中的病虫害消灭的更彻底，更适宜双孢菇菌丝的生长。二次发酵的方法：培养料运进菇棚后在播种床上堆成长条，关闭通风口，通入热蒸汽，室温快速达到60℃，保持5～6h，然后降至50℃，保持4～6d，再将温度降至25℃左右进行摊平播种。如果没有锅炉也可以用煤炉或电炉加热，视菇棚的大小决定放置加热设备的个数，均匀放置在菇棚内，同样可达到二次发酵的目的

（4）培养料发酵腐熟度鉴定 栽培双孢菇的培养料以半腐熟为宜。半腐熟的培养料具有以下4个特征：一是粪草的色泽由金黄色或黄绿色变成褐色，但不呈黑色，且无粪臭、酸臭或腐败的味道；二是草茎柔软，手拉时有一股抗拉力，富有弹性，而不是轻拉即断，手握培养料，能握成团，松手后能自然松散；三是在最后一次翻堆后的第五天，培养料的温度仍保持在50℃以上，但不得超过60℃；四是培养料堆的体积比原来缩小40%，重量减轻30%，含水量在60%左右，手捏时指缝间没有水滴出现。

3. 播种 菇棚进料前要彻底打扫，全面消毒。培养料进菇棚前要在料堆表面喷洒杀虫剂（具体用药见第三节），杀死料外层的害虫，并进行二次发酵。方法是：将料堆用塑料膜罩起来，膜与料堆至少有50cm空隙，便可二次升温发酵。二次发酵料温升到60℃，然后使料温逐渐降至50℃左右，保持5～7d，同时适当通风换气。结合二次发酵用甲醛进行一次熏蒸消毒，杀死潜藏在料中的病虫害。二次发酵结束后，打开通气孔排除废气，将菇床上的培养料均匀平铺，拍平，用温度计测量培养料的温度，待温度降至25～28℃时即可播种。播种前注意严格检查菌种的质量，应选择纯度高，无污染，菌丝浓白粗壮的优质菌种，从而提高菌种的定植率。播种方法可采用条播、撒播、穴播。通常采用穴播，播种点间距3～5cm，穴深3cm，将菌种大部分放入播种穴，小部分露在表面，这样利于菌丝定植。播种量一般每平方米使用500ml瓶装菌种两瓶即可。播种后将料面拍平盖上报纸附上薄膜保湿，利于菌丝尽快恢复生长，并向四周蔓延后，撤去薄膜，增加通风量，检查成活率，及时补种，洒水直接在报纸上轻喷，防止料面水分蒸发。15～20d后，菌丝可发至料厚的2/3，便可覆土。

4. 覆土 覆土是双孢菇生产所特有的一项技术措施，若不覆土，双孢菇的子实体很难形成或基本上不形成。

（1）覆土的作用 覆土后可使料温稳定，保证菌丝正常生长；防止培养料中的水分蒸发，保护料表层菌丝生长，同时土粒中的水分可供子实体生长时的需要；另外土粒中携带的臭味假单孢杆菌具有促使子实体形成的功能。

（2）土粒的要求 覆土的泥块要毛细孔多，保湿，有一定黏性，洒水时不易松散或结块，团粒结构好，含有丰富的有机质，持水量大，以草炭泥为理想的覆土材料。土粒分粗细两种，粗粒直径为1.5～2mm，细粒直径为0.5～1mm。土粒覆土前要用1%的石灰水喷洒，使土粒pH值达到7，再喷洒杀虫剂（具体用药见第三节）拌匀，堆成堆覆膜，熏闷1～2d杀死病菌和虫卵。土粒的含水量以20%为宜，检查方法使用手指捏土粒，捏扁不黏手，土粒中心无白心。

（3）覆土时间 覆土时要检查菌丝生长情况，料表面过干时要及时补水，提高料面的湿度，因为一旦覆土后再向料中补水比较困难；检查有没有病虫害，菌丝吃料情况，一般覆土在菌丝吃进料层2/3时进行，覆土过早或过迟都会影响双孢菇的产量。

（4）覆土方法及厚度 覆土分两次进行，先将粗土粒均匀地撒在料面，用木板轻轻拍平，5～7d后，覆细土，均匀地盖在粗土粒上，喷水保持土粒湿润。覆土厚度以3～5cm为宜，但也要根据栽培环境及土粒的理化性质而定。如果菇棚保湿性好，土粒黏性大可适当薄些，反之适当厚些。

5. 出菇管理 出菇管理分两个阶段，自覆土到出菇大约20d为菌丝生长阶段，菇蕾形成后为生殖阶段。

（1）温度管理 菌丝生长阶段采取保温，一方面利于菌丝继续吃料，另一方面利于菌丝尽快进入粗土粒中形成粗壮的菌索，为分化原基打下基础。此阶段温度控制在22～24℃。细土覆后一周左右，拨开细土粒如有米粒大小的原基形成时，表明进入子实体生长阶段，菇棚温度要调节到适宜子实体生长温度14～16℃，生长健壮饱满，质优高产。如果利用自然温度栽培双孢菇，必须把握好播种和出菇的季节。

（2）水分管理 双孢菇生长阶段不同，对水分的要求也不同。菌丝生长阶段的水分主要来自培养料，出菇阶段需水量加大，此时必须提高菇棚内的湿度。培养料和土粒的含水量与空气相对湿度有密切关系，空气相对湿度大土粒和培养料的水分蒸发量少，反之蒸发量大，所以，水分调节主要是空气相对湿度的调节。通常菌丝生长阶段湿度范围是70%～80%，子实体生长阶段湿度提高到90%左右。湿度的控制主要是通过喷水调节，喷水量要视土粒的含水量和气候条件灵活掌握，喷水要坚持“细、勤、轻”的原则。出菇阶段除了提高空气湿度外，还要注意床面土粒的水分管理，喷水的多少要根据出菇情况进行调节。菇多多喷，菇少少喷，前期多喷，后期少喷，采菇前停喷或少喷。出菇停止后要停止喷水，但土粒变干后，要及时补水，保持土粒有一定湿度而不发白，以保证菌丝在料中正常生长。翌年春天水分调节要随温度升高而适当进行，喷水不宜过早。菌丝恢复生长后，开始进行喷水提高细土粒的湿度，达到出菇温度后，加大喷水量，增加空气相对湿度和土粒中的含水量，保证出菇对水分的需要。

（3）通气管理 双孢菇菌丝和子实体生长要消耗 O_2，放出 CO_2。培养料在分解过程

中也释放出 CO_2 和其他废气，当 CO_2 浓度积累到0.1%时，会明显影响子实体的生长，当浓度上升到0.5%时，不再形成子实体。所以在出菇阶段要保持良好的通风，保证双孢菇的正常呼吸。通风还可以调节菇棚的相对湿度。通风、换气、保湿等工作是相辅相成的，发育阶段不同，其管理方法要灵活掌握，因时制宜。总的来说，出菇管理过程中，一般前期以通风为主，保温、保湿为辅；后期管理以保湿为主，适当兼顾通风和保温。

（4）追肥　随着双孢菇的不断采收，培养料中养分大大消耗，菌丝变得衰弱，产量下降，为了改善培养料的营养水平，采取追肥的方式补充养分，恢复菌丝活力。追肥的方式有灌注和喷洒两种。适宜的追肥种类很多，如：①培养料浸出液。将每次上料时没有用完或预留的培养料晒干保存，使用时将其搓碎，加水10倍左右在锅内闷煮10～15min，待冷却后过滤取其滤汁喷施，用量为0.2～0.5kg/m^2，每2～3d进行一次。②菇柄熬煮液。将采收和加工过程中切下的菇根（去泥后使用）、菇柄洗净切成薄片，加水4～5倍，煮沸15～20min，过滤后取其滤汁喷施，用量0.3kg/m^2 左右。经常使用能延长出菇期，并使子实体肥厚。③豆浆水。黄豆用水泡软后磨汁，过滤取其滤液，加水50倍，再加入1%澄清的石灰水，每三天使用一次，0.1～0.2kg/m^2，然后用清水喷洗。经常施用可使小菇肥厚洁白。④酵母液。可用市场销售的鲜酵母配制，使用浓度为0.5%～1%，也可用干酵母配制，浓度为0.03%～0.05%。由于酵母含有丰富的蛋白质及维生素B，经常施用可促进子实体的形成，增加小菇数量，并能加快生长速度，使菇体健壮，增加产量。⑤化肥液。用0.1%～0.2%的尿素液，或0.4%～0.5%的硫酸铵溶液，或0.5%的过磷酸钙溶液，每2～3d喷一次，有使子实体变肥厚的作用。

（四）采收与收后管理

1. 采收　双孢菇应在子实体充分而没开伞之前直径2～4cm时及时采收，此时产量高，品质好。若采收过晚会使品质变劣，并且抑制下批小菇的生长。双孢菇虽然是成茬发生，但成熟并不一致，每茬菇从出菇到采收约一周的时间收完。前一二茬采菇要尽量避免损伤菇体下面的菌索，采摘时，用手指捏住菇盖，轻轻转动采下，用小刀切去带泥根部，注意切口要平整，以便形成新的菌索，利于新菇蕾的形成。后期菌索衰老，不宜形成健壮的菇体，此时采菇可用拔菇法，将基部菌索带出。

2. 采收后管理　采收后在空穴处及时补上土填平，并喷施一次1%的葡萄糖、200倍液的太阳花丰产王或绿风95，以促进小菇生长，提高产量和品质。

（五）效益分析

双孢菇以其口感和营养及药用价值深受国内外消费者的欢迎，被誉为健康食品，国内外需求量不断增长，呈现供不应求的局面。

1. 经济效益　双孢菇的主要原料是稻草或麦秸。以此为例，稻草（麦秸）为主要原料，辅料为粪肥、尿素、磷肥、石灰、杀菌剂、菌种等。生产100m^2 面积的双孢菇所需成本投入2 200～2 800元，栽培时按技术规程操作预计可产鲜菇1 050～1 500kg，批发1.5元/kg计算，产值为6 300～9 000元，扣除成本100m^2 面积的纯利润4 100～6 200元。若种植500m^2（可利用的面积）大棚，可得纯利21 000～31 000元。效益非常可观。

2. 社会效益及生态效益 种植培养料的来源广泛，从农作物秸秆、畜禽粪肥到棉籽壳均可使用。既把农副产品下脚料，家畜粪便转化成蛋白食品，成为人类新的食物资源，又能减少秸秆焚烧对环境的污染，实现了良性循环。而且出菇后的菌糠可生产有机肥、营养基质等，用于园艺花卉、蔬菜等种植行业，促进相关产业绿色无害化生产，既有利于环保又为农村剩余劳动力找到很好的增加收入途径，促进社会主义新农村发展建设。

五、大肥菇

大肥蘑菇［*Agaricus biforquis*（Quel）Sacc.］又名双层环伞菇、双环蘑菇、大肥菇。隶属担子菌亚门，层菌纲，伞菌目，蘑菇科，蘑菇属。大肥蘑菇，菇形圆整、洁白，肉厚味美，营养丰富，耐储运，货架期长。据分析，每100g鲜菇中，含蛋白质3.5g，碳水化合物3g，脂肪0.5g，纤维素1.1g，灰分1.2g，P 150.8mg，K 380.3mg，Ca 13.7mg，Fe 3.6mg，维生素A 10.4mg，维生素B 20.6mg，维生素C 5.8mg，烟酸6.2mg。富含18种氨基酸，包括人体必需的8种，中医认为，大肥蘑菇味甘、性凉、微寒入肝，胃经。既有抗衰老、抗癌防癌之功效，又有益气开胃、降低血糖、血脂之疗效。大肥蘑菇原产内蒙古草原，现已分布到青海、河北、新疆等地。

（一）生长发育条件

大肥蘑菇夏、秋间自然发生在草地、庭院、路边、牧场、沃地和坚实土壤上。

1. 营养 人工栽培大肥菇以棉籽皮、麦秸、稻草、畜粪和木屑等为主料，并配以麸皮或米糠为辅料，来提供生长所需碳源、氮源、矿物质及维生素等。

2. 温度 大肥蘑菇菌丝生长温度为4～37℃，适温为25～31℃，24℃以下生长速度明显减慢，比双孢蘑菇高出5℃；子实体生长温度为10～28℃，适宜温度为20～26℃；20℃以下出菇明显减少，温度持续在26℃以上，子实体原基不能分化。

3. 水分 人工栽培培养料含水量以65%为宜。空气相对湿度在65%～75%。原基分化及子实体生长阶段要保持在85%～95%。

4. 空气 菌丝生长初期对O_2要求不高。随着菌丝生长，需氧量增加，应加强通风，保持菇棚空气新鲜。原基形成及子实体生长阶段，新陈代谢旺盛，应及时通风换气，保证O_2充足供应，以排除生长过程中产生的CO_2。

5. 光照 菌丝生长阶段不需要光照。原基分化及子实体生长需100～500lx的散射光。

6. 酸碱度 培养料最适pH值为5.5～6。覆土pH值以5.7～6为宜。

（二）栽培时间

大肥蘑菇的种植技术与双孢蘑菇基本相同，但制种时间要提早。母种制作时间一般在1月底至2月底，3月初制原种，5月初至6月初制栽培种。根据华北一带气候，堆料时间7月上旬，7月中旬播种，8月中旬覆土，9月10日至10月上旬收菇。10月中旬后，由于气温下降到20℃以下，大肥菇出菇明显减少。在自然温度下栽培大肥菇，秋菇一般采收3潮菇就结束。长江流域栽培则可推迟15d堆料播种。夏季大肥菇可以提早到5月下旬至6月上旬播种，8月底采收结束。当年可收6潮左右蘑菇，大大提高了产量。栽培者

应根据地方气候特点，科学地选择播种时间。

（三）栽培管理

目前，大肥菇常用的栽培品种有夏菇93、新登96等都较耐高温，且具有菇质好、产量高、抗病、耐运输、味道鲜美等特性。

1. 培养料的配制 大肥菇对养分的要求与双孢蘑菇基本相同，常用配方（以下配方均以培养料干重计算）如下。

麦秸（玉米秸、稻草）60%，牛粪（干）30%，饼粉2%，尿素1%，硫酸铵1%，过磷酸钙2%，石膏粉1%，碳酸钙1%，石灰粉2%。

麦秸（玉米秸、稻草）48%，牛粪（干）40%，菜籽饼4%，尿素1%，过磷酸钙2%，石膏3%，石灰粉2%。

鲜麦秸40%、牛羊粪57%、石膏粉1%、过磷酸钙1%、尿素1%。

棉籽壳60%，牛粪40%。

2. 栽培方式 大肥菇可生料或发酵栽培。栽培方式室内、阳畦、温室、林下露地或温室床架式均可，以下主要介绍林下栽培方法。

（1）生料床栽

①拌料 用95%经日晒的棉籽壳，加入2%石膏粉、0.1%百菌清、2%碳酸钙，充分拌匀后再将2%糖和0.1%磷酸二氢钾（事先用水溶好）加入培养料中。培养料含水量65%、pH值7.5。

②铺料播种 分层铺料播种，第一层铺料5~7cm，撒播菌种；第二层铺料5~6cm，撒播1层菌种后，在料面上再铺1层薄料覆盖住菌种。培养料总厚度10~15cm，整平拍实、覆盖报纸、薄膜，保持料内水分。

③温度管理 播种后在18~28℃温度内发菌，待菌丝吃料至2/3或吃透全料时，覆盖炉渣与细土的混合物2~3cm厚。然后进行常规管理，通风、喷水、加大室内空气湿度。

（2）发酵料畦栽 以粪便和作物秸秆为原料，经堆制发酵后进行栽培，一般自然发酵需要15~20d。

①培养料的堆制与发酵方法 将麦秸（棉籽壳、玉米秸、稻草）充分湿润后进行预堆，预堆时间为2~3d。建堆时将其他辅料混匀后加入堆肥中，一层草料，一层牛粪，从第三层起均匀加水与辅料，建堆的方法与双孢蘑菇培养料相似，但培养料的含水量比双孢蘑菇要高，宜在70%左右，用手捏培养料有7~8滴水。每隔3d翻一次堆，共翻4次。

②二次发酵 大肥菇栽培的培养料必须进行二次发酵，二次发酵好坏，直接关系大肥菇栽培的成败。培养料发酵结束后，将料中的pH值调到7.5左右，将料堆用塑料膜罩起来，膜与料堆至少有50cm空隙，便可二次升温发酵。当料温达60℃以上维持12~18h，并保持通有新鲜空气。当料温达69℃时，不再升温，否则，堆肥在高温下分解过度，营养破坏，过分熟烂，将影响产量。料温降至45~52℃，维持5~7d，以杀死料中的病菌和虫卵。二次发酵结束后，培养料呈深咖啡色，无酸臭味，无氨臭味，有面包的香味，此时培养料的含水量应65%左右，即用手握料可滴下2~3滴水，pH值在7.0左右。

3. 播种与培养 播种的方法有撒播、穴播和层播。多数是采取层播，方法是将2/3的菌种播入料层中，1/3的菌种撒播在料面上。播种后用木板轻压料面，让菌种与培养料接触紧密，然后盖一层废报纸或薄膜保湿发菌。大肥蘑菇播种时正值高温时期，料温在30℃时播种最为适宜，故播种应在早晚进行。播前应先挑选菌种，选择菌丝浓白、粗壮、没有萎缩、无杂菌、无虫的菌种，用手将菌种掰散撒播。播种时清除料内粪块和杂物，铺于所需的地或床畦面上，料厚10～15cm。大肥蘑菇播种量比双孢蘑菇大，麦粒菌种每瓶（750ml）可播0.5～0.6m^2。播种也可采用70%的菌种与堆肥混播，30%撒在堆肥表面，轻轻压实，覆盖薄膜或报纸发菌，待菌丝吃透料时覆土。

在上述两种栽培法接种2～3d后，菌丝开始萌发，萌发后的新生菌丝吃料向四周延伸，直至吃透培养料。大肥蘑菇在料堆上发菌，开始时菌丝很细弱，以后逐渐变白。发菌期间CO_2浓度0.5%～1%。因此要增加通气量，促使菌丝生长健壮、迅速。当菇棚温度在30℃以上时通风、降温，防止菇棚长时间处在高温、闷湿的环境条件下。当培养料发菌在20～25d时，菌丝大部分已布满了培养料，此时，用2cm的木棒或竹签，在培养料面打洞至料底，目的是使培养料在出菇阶段有充足的空气。打洞的间隔为1.5cm左右，打洞后应注意通风，及时排除菌丝呼吸中产生的CO_2和其他废气。要经常检查培养料的含水量，如过干可在覆土前喷雾状水或pH值为8左右的石灰水。

4. 覆土 覆土材料应选用富含有机质的壤土和炉渣各50%，混合均匀加水调湿后停放3～4d，达到湿而不黏即可使用。覆土前严格消毒，每立方米干土用5%甲醛液10kg喷洒，并加盖薄膜封闭24～48h，然后再拌入1%～2%石灰，覆土，pH值调至7.2～7.5。覆土时间在播种后20～30d进行，以菌丝基本发透堆肥为最佳，覆土厚度一般在2～3cm，但不能低于2cm，否则对产量有明显影响。覆完土应经常保持湿润，加强湿度和通风管理。覆土后若床面过干，用雾水调整。相对湿度90%～100%，菇床温度29～30℃，CO_2浓度0.5%～1%。覆土培养期一般10d前后可见菌丝穿入土层，20d前后即现蕾。

5. 出菇管理 大肥菇出菇温度在20～34℃，子实体生长最适温度为27℃左右。而原基形成期相对湿度95%～100%，菇床温度25～26.7℃，气温24～25℃，不需要光照，CO_2浓度小于2%。原基形成期每隔3h换一次气，定期喷雾，每天1～2次，以刺激原基形成。一般覆土后15d左右开始出现菇蕾。当子实体出现时，应喷1次重水，棚内相对湿度保持在75%～85%。大肥菇第一潮菇出菇较迟，覆土后约22d才能采收第一潮菇。头潮菇采收后可停水2～3d，床面土粒见白后可逐渐加大喷水量，两潮菇相隔时间为8～9d，如此管理，共采收3潮菇。

（四）采收与收后管理

1. 采收 大肥蘑菇从菇蕾形成到开伞时间相当短，所以，及时采收很重要。大肥蘑菇宜在幼嫩时采摘，如采摘太迟，则鲜菇在采后易开伞，并且在开伞后菌褶很快发黑，商品质量下降，不利于销售。新鲜大肥蘑菇在2～3℃下保存一周，在外观上或质量上变化不大。

当大肥菇长到直径2.5～4cm时应及时采收，若采收过晚会使品质变劣，并且抑制下批小菇的生长。采摘时，用手指捏住菇盖，轻轻转动采下，用小刀切去带泥根部，注意切

口要平整。

2. 采收后管理　大肥菇在产菇高潮后，肥料消耗较多，需进行追肥，以促进小菇生长，以保持稳产高产，提高产量和品质。一般使用肥料有：①葡萄糖水：即100g葡萄糖加水10kg，充分溶解均匀喷洒于菇床上。②石灰上清液：0.5kg石灰加水50kg，搅拌均匀再静置后，取其澄清液再加等量水喷洒。③尿素溶液：尿素0.05kg加水10kg，将尿素充分溶解于水中后喷洒于菇床上。以上营养液可有效促进大肥菇生长，使菇菌盖厚，菌柄粗，从而提高质量和产量。

（五）效益分析

1. 经济效益　大肥菇作为新近开发出的食用菌品种之一，又具有独特的耐高温能力及产季的优越性。产品面市以来一直供不应求，结合整个食用菌产业发展的趋势是“南菇北移”，按当地气候特点又属于反季节生产规划，可以提前上市，有效地弥补市场淡季需求，产品价格高，经济效益突出，具有非常广阔的发展前景。

栽培大肥菇的主要原料为作物秸秆（麦秸、稻草、玉米秸等），辅料有粪肥、饼肥、石膏、石灰粉、过磷酸钙、尿素等。种植面积100m^{2}需要投入资金3 000～3 600元，按正规操作生产预计产鲜菇1 100～1 500kg，批发价7.0元/kg，收入为7 700～10 500元，扣除成本，盈利为4 700～6 900元。

2. 社会生态效益　大肥菇生料或发酵均可栽培。占地少，栽培工艺简单，技术易掌握。周期短，投资少，见效快，效益高，省时、省工，大棚、温室、庭院、闲散地均可种植。不仅填补了淡季的供应，作为一种无污染的天然食品，满足了消费者的需求，也从根本上促进和提高以新鲜食用菌为原料的加工工业和商业的发展，同时，还带动了商业外贸、塑料加工业以及运输业的发展，为农村剩余劳动力开辟致富途径，并增加其收入。

六、金针菇

金针菇｛[*Flammulina velutipes* (Curt. ex Fr.) Sing.]｝又名冬菇、金菇、毛柄金线菌。隶属担子菌亚门，层菌纲，伞菌目，口蘑科，金线菌属。分布在中国各地。菌盖小巧细腻，球形或扁半球形，菌肉白色细软而嫩，润而光滑，菌柄形似金针，故名金针菇。

鲜金针菇的水分达82%～89%，富含蛋白质、碳水化合物，维生素B_1、维生素B_2和维生素E以及锌和氨基酸。18种氨基酸中，富含异亮氨酸，谷氨酸，特别是赖氨酸和精氨酸的含量分别占氨基酸的5%～6%和0.45%～0.55%。而这两种营养成分又是儿童生长发育和健脑所必需的，被誉为“增智菇”和“益智菇”。金针菇内含朴菇素，具有显著的抗癌功能，又是高钾低钠食品，可以抑制血脂升高，降低胆固醇，预防高血压和心脑血管疾病以及治疗肝脏、胃肠道溃疡疾病，还有利于美容减肥，是理想的保健食品。

（一）生长发育条件

1. 营养　金针菇是一种木腐菌，野生金针菇多生于朴树、柿树、柳树、榆树、桑树、枫杨等多种阔叶树枯木树桩上，其分解木质素和纤维素的能力很强，但以淀粉为其最佳营养成分。葡萄糖、果糖、蔗糖、甘露醇、麦芽糖、乳糖和半乳糖等也可作碳源，并能很好

地利用。所需要的氮素营养，以有机氮，如蛋白胨、尿素和氨基酸（谷氨酸、天冬氨酸等）为最好，对无机氮的利用以铵态氮为好，对硝态氮的利用较差。

金针菇与香菇、平菇等相比，分解木质素和纤维素等高分子的能力较低。在刚砍伐的树木上，在没有达到一定腐朽程度之前，难以在上面长出子实体。因此，在代料栽培时，使用新鲜木屑产量不高。

根据金针菇的营养需求特点注意以下几点：①选用适生树种的木屑为栽培原料，并经过堆积发酵处理达半年以上，避免使用新鲜木屑。②使用两种以上原料比使用任何一种原料的效果都好。棉籽壳营养丰富，是栽培金针菇的良好材料；但棉籽壳经高温高压后产生醛、酮或羧酸等物质，常呈酸性，不利于金针菇的生长。在生产上适量添加木屑、玉米芯或蔗渣等物质作吸附剂，并添加1%石灰粉，以调节 pH 值。③玉米粉含有丰富的淀粉和较多的氮素与维生素，既为金针菇的生长提供碳素和氮素营养，又可以补充维生素，是金针菇良好的栽培材料之一。④不同金针菇品系、不同栽培地区，可因地制宜选用适宜的栽培料配方。

2. 水分 菌丝生长阶段，培养料的含水量要求在65% ~70%，环境中，空气相对湿度60% ~ 70%。催蕾阶段以 85% 为宜。子实体生长阶段，空气相对湿度保持在90% ~95%为宜。干燥的环境下，菌盖易畸形，影响产品质量。

3. 温度 金针菇是一种低温型食用菌，菌丝能在3 ~34℃的范围内生长，耐低温的能力较强，在 -20℃下不致冻死。但各个生长发育阶段对温度的要求，随品系不同存在明显差异。目前，国内栽培的金针菇有 3 个品系，即：金黄色品系（菇体上部黄色，下部褐色）、乳白色品系（菇体上下部均为乳白色）、淡黄色品系（菇体上下部均为淡黄色）。3个品系相比，金黄色品系较耐高温，对温度的适应范围也较宽，菌丝生长适宜温度为22 ~24℃，原基形成最适宜的温度为10 ~14℃，子实体发育最适温度为8 ~12℃。乳白色品系相对较不耐高温，菌丝生长适宜温度为 18 ~20℃，原基形成最适温度 10℃左右，子实体发育最适温度5 ~8℃，当温度超过 15℃时，容易发生褐腐病和软腐病，超过 18℃，则子实体难以形成。淡黄色品系对温度的要求介于这两个品系之间。

4. 光照 金针菇菌丝体生长时不需要光照，在黑暗条件下可生长良好。子实体分化需微弱的光线，黑暗条件下，原基可以形成，但菌盖不易形成，一般在 50lx 的弱光下，菌盖能正常生长发育。强光使菌柄生长受到抑制，菌柄基部绒毛长，菌盖大，虽对产量无影响，但商品价值大大降低。只有在弱光条件下，可使菌盖和菌柄的颜色变浅，呈黄白色至乳白色，同时，还可抑制菌柄基部绒毛的发生和色素的形成。此外，菌柄的伸长有向光弯曲的反应，生产上要注意光源的位置和强弱的调节。

5. 空气 金针菇是好气性真菌。菌丝生长和子实体生长阶段，均要求有足够 O_2，因此，发菌室和出菇场所均要求空气新鲜，尤其是子实体形成时，代谢旺盛，呼吸强度大，对 O_2 需求量多，当空气中 CO_2 浓度的积累量超过 0.6%时，子实体的形成和菌盖的发育就会受到抑制。

6. pH 值 金针菇在 pH 值3 ~8 范围内都能生长，最适 pH 值5 ~6。

（二）栽培时间与菇棚建造

1. 栽培时间　要合理安排栽培季节。适宜的栽培季节以能充分发挥不同品系的增产潜力和子实体在分化发育期有适宜的温度条件为原则，通常安排秋季栽培，并以平均气温稳定在12～14℃（金黄色品系）或8～10℃（乳白色品系）作为子实体分化发育的时期。再往前推1～1.5个发菌期，就是制袋接种适宜时期。一般装袋时间应在9月初，在10月初转入林内管理，中下旬即可出菇，至翌年4月中旬。

2. 菇棚的建造　在树林行间挖深1.5m、宽2m、长度不限的地沟，注意沟底稍窄，上口略宽，沟壁稍倾斜。两端留斜坡以便上下行走，沟上用竹片搭成弓形，竹片上覆盖塑料膜，膜上用秸秆、枯草等做成25cm厚的加厚层，再上用塑料膜固定。沟两端悬挂厚草苫作门。用前灌大水，并以低毒农药和5%新鲜石灰水上清液杀虫消毒（分别喷洒，两种药剂禁止混用）。

（三）栽培管理

1. 栽培种配方

棉籽壳40%，玉米芯20%，杂木屑20%，麦麸15%，玉米粉2%，石灰、糖、硫酸铵各1%。

杂木屑39%，棉籽壳39%，麦麸20%，石膏、糖各1%。

木屑78%，麸皮20%，糖1%，石膏1%。

棉籽壳85%，玉米粉10%，石灰5%。

棉籽壳89%，麸皮10%，石膏1%。

棉籽壳96%，玉米粉3%，糖1%。

玉米芯73%，麸皮25%，糖1%，石膏1%。

2. 接种栽培袋　常用的规格是17cm×35cm的聚丙烯塑料袋，边装料边轻轻压实，装料高度14～15cm，用绳扎口，一般每袋装干料300～350g。经灭菌的栽培袋必须冷却至25℃左右时才能接种，严格按照无菌操作程序（详见本章第一节）接种，接种量以3%～5%为宜，均匀分布在料面上。

3. 发菌管理　将接种后的栽培袋放置在已经清理消毒的发菌室内，扎口朝外，分层横放，上面留有适当的空隙以利气体交换。发菌初期，室内温度保持在20～25℃，2～3d后，温度维持在18～20℃，不要低于18℃，因为发菌过程中，料温往往比室温高2～4℃，正适宜金针菇菌丝生长发育。为使菌丝受温一致，发菌均匀，培养期间每隔10d翻堆1次，倒换菌袋，同时，结合检查杂菌，发现杂菌及时处理，防止扩散蔓延。发菌期间，室内不需要光照，黑暗有利于菌丝生长。空气相对湿度以60%～70%为宜，每天要适当地通风换气，一般每天通风1次，每次0.5h。30～35d菌丝即可长满袋。

4. 出菇管理　当菌丝长满全袋后，菌丝体表面有黄色水珠出现，早熟品种可出现小菇蕾，这标志着菌丝已达到生理成熟，菌丝体生长就要转入子实体发育，此时，转入林地进行出菇管理。

（1）搔菌催蕾　搔菌的目的是防止子实体原基集中生长在菌种块上，数量少且不整

齐。搔菌时，把塑料袋口薄膜撑开，向下卷至离培养料3~4cm处，去掉老菌皮，增加菌丝与空气接触，刺激菌蕾形成。可用8号铁丝做一个3~4个齿的小耙子，将袋料表面搔破，把老菌皮和种块一起清除，再将料面整平。搔菌前可用75%酒精将小耙子消毒，尤其是处理过料面有杂菌污染的菌棒后，更应注意消毒，最好在酒精灯上灼烧，冷却后再继续操作。经搔菌，培养基上层的菌丝接触氧气，可以促进菌丝生长和分化形成大量子实体原基。

催蕾阶段，拱棚内温度保持在10~13℃，向空间喷雾状水，保持相对湿度在80%~85%，每天通风通气。3~4d后，料面出现一层白色棉絮状菌丝，即为出菇的先兆。温度过高，出蕾不整齐且瘦弱；温度过低，出菇量少，影响产量。湿度过低，料面容易干，不利于现蕾；湿度过高容易污染杂菌。将袋口敞开，7d前后陆续长出针头状的菇蕾，在催蕾出菇期间，给予一定的光照，可促使菌柄生长。

（2）抑蕾　为了使出菇整齐健壮，分生出更多的侧枝并成束生长，须短暂抑制先形成的菇蕾生长，这叫抑蕾。当子实体主柄长3~5mm，菇盖直径1mm时，在管理上减少喷水，湿度降至75%左右；通风降温，调节温度在5~8℃，持续5~7d。

（3）伸长期管理　菌柄长度达到3~4cm，要及时把卷下的塑料袋拉高，袋口高于子实体5cm左右。将温度控制在10℃左右，湿度保持在85%~95%，适当通风。当菌盖开始分化时，把菌袋袋口撑开完全拉直呈套筒形，可增加小环境的CO_2浓度，达到抑制菌盖开伞、加速菌柄伸长的目的，获得菇盖小、菌柄长、粗细一致的金针菇。此阶段喷水切忌将水喷洒在菇盖上形成水滴而产生黑斑点，影响商品外观，也应注意预防根腐病和褐斑病，并避免菇体含水量过多而降低品质。

（4）防止“边壁菇”的出现　“边壁菇”是在菌袋中间部位生长出的菇。第一潮菇多为丛生，严重时可将菌袋撑破，第二潮菇以后以单生为主，导致料面不能正常出菇，而影响产量。发病诱因是培养料装料的松紧度不均；发菌期过长或培养期间过于干燥，造成料面失水，导致“脱壁”现象（培养料与菌袋之间形成一定空隙）；菌袋长时间受到较强光照射或其他的刺激。如果发现有边壁菇的菌袋，可用力按或用木棍敲打其菇蕾发生点，使其死亡，如菇蕾发生量多并长大后，可将其挑出，割破菌袋任其生长。

（四）采收与收后管理

1. 采收　当菌柄长到15~20cm，菌盖边缘仍稍内卷呈半球形、直径1cm时即可采收。采收时，一手按住袋料面，一手轻轻捏住菇丛基部，稍稍旋转即可整丛拔下。注意不要留腐根，摘净散菇；整齐扎把剪根，排放在温度较低和光线较暗的地方，以免影响菇的质量，并及时进行处理和加工。

金针菇分级标准：

1级：菇形完整，菌盖呈白色，未开，呈半球形，直径在1cm以内；菌柄长15cm，全体白色，基部修剪干净不粘连。无畸形菇、无病虫害、无斑点、无腐烂变质及杂质，具有鲜金针菇应有的风味。

2级：菇形完整，菌盖呈白色或淡黄色，未开，呈半球形，直径在1.5cm以内，菌柄长13cm，菌柄基部为黄色至淡茶色，基部修剪干净。无畸形菇、无病虫害、无斑点、无

腐烂变质及杂质，具有鲜金针菇应有的风味。

3 级：菇形较完整，菌盖呈白色或金黄色，直径在 2.5cm 以内，菌柄长 11cm，柄下部 1/2 茶色或褐色。无畸形菇、无病虫害、无斑点、无腐烂变质及杂质，具有鲜金针菇应有的风味。

2. 采后管理 采收第一批菇后，结合清理料面进行搔菌，平整料面，除去表层 0.3 ~ 0.5cm，使下层菌丝露出接触新鲜空气。调节棚内温度在 17 ~ 18℃，10d 前后即能长出菇蕾。失水过多、菌料干缩、重量明显减轻的菌袋，可将菌袋放在水中浸泡，吸足水后，倒去多余的水，把袋口的塑料薄膜回翻折起，等到再一次现蕾后，打开袋口转入常规管理。2 茬菇采收后，为促使多出菇，可结合补水，用 0.1% ~0.2% 的蔗糖水或 500 ~ 1 000倍的肥水注入菌袋，可增产 15% ~20%。

（五）效益分析

金针菇的生物转化率可达 100% 以上，一般投入产出比在 1：2 左右，较平菇略高。种植金针菇的经济效益要看市场价格的高低。进入 11 月份以后，常规栽培产品即可大量上市，国内市场黄色鲜菇销价多在每千克 4 ~6 元，白色菇价格稍高。直到翌年 3 月份以后，温度的上升，使得产品质量大幅度降低，价格也随之严重下滑，该时段的价格与平菇相近，但属于“扫尾菇”，对生产效益没有多大影响。由于低温的特性，夏季少有反季节栽培，8 月份的白色菇达到了每千克 30 元的天价，原因就是夏季栽培需要的设施设备投资太高。

七、茶树菇

茶树菇（*Agrocybe chaxingu* Huang）又叫茶薪菇、茶菇、柳松菇，隶属于担子菌亚门，层菌纲，伞菌目，粪锈伞科，田头菇属。原产于福建和江西交界处的武夷山区。

茶树菇味鲜质嫩，清香可口，营养丰富。据福建师范大学郑毅等测定，每 100g 干菇含蛋白质 10.55g，含 18 种氨基酸，含量 168.68mg，其中，8 种人体必需氨基酸为 81.33mg，占总含量的 48.22%。另据国家食品质量监督检验中心对混合料栽培茶树菇的检测，每 100g 干菇含蛋白质 14.2g，纤维素 14.4g，总糖 9.93g，B 族维生素以及 K、Na、Ca、Mg、Fe 和 Zn。虽含微量的有害元素 Pb 与 Hg，但量低于国家《干食品卫生标准》。

中医认为，茶树菇性平、味甘、利尿、具有健脾胃、明目、提高免疫力和防癌治癌功效，是难得的食药俱佳的保健食品。

（一）生长发育条件

1. 营养 茶树菇是一种对纤维素、木质素分解能力较弱的木腐菌，不能有效地利用碳源，在人工栽培中，相应地存在制袋成品率和产量偏低的问题。另一方面，茶树菇要求相对较高的氮源，最适 C/N 为 60：1，氮源丰富，生长速度快，培养料中，可适当增加麸皮和玉米粉的比例。但在人工栽培中，如果培养基中的含氮量偏高，又会出现另一种副作用，即延长营养生长的时间，晚出菇。而在含氮量适宜的培养基中，正常情况是完成营养生长后，立即或数天就可转入生殖生长。

根据以上生理特点，在人工代料栽培中，使用棉籽壳比用木屑效果好，产量高。木屑又以疏松的阔叶树细木屑为好，将杂木屑堆积发酵半年以上，则更为理想，有利于菌丝分解利用。添加适量（10%）茶籽壳也有利于菌丝的生长和产量的提高。氮源如麦麸（或麦麸+玉米粉）的添加量以20%~25%为好。

2. 水分 培养料含水量60%~65%；菌丝生长阶段，要求环境相对湿度65%~70%；子实体形成时，85%~90%。

3. 温度 茶树菇属中温型食用菌，菌丝生长的温度范围5~35℃，最适温度23~25℃；子实体的形成温度范围10~30℃，最适温度18~22℃，温度过高或过低，均会推迟原基分化时间。在适温范围内，温度偏低，生长缓慢，但子实体朵大，肉厚，品质优良。子实体发育期适当拉大昼夜温差，即给以适当的温差刺激，也有利于子实体的发育。

4. 光照 茶树菇菌丝生长不需要光照，但子实体有很强的趋光性。为保持菌柄的整齐度，不宜随意搬动菌袋，以免畸形菇发生。茶树菇生长期间需散射光，生产场所的亮度调节在300~500lx较好。在合适的散射光下，子实体生长健壮，菇盖圆整、菌肉厚、色泽好，质量高。

5. 空气 茶树菇生长发育需新鲜空气，发菌期和出菇期均需良好的通风，子实体生长阶段，稍高的CO_2浓度有利于出菇和菌柄伸长，从而提高产量，可适当减少通风。但袋内CO_2浓度过大时，就会抑制子实体生长，特别是菌盖的分化、发育。

6. pH值 适合中性偏酸环境，培养料的pH值在4.5~7.5，菌丝都能正常生长，最适pH值为5.5~6.5。

（二）栽培时间

茶树菇属中温偏高型菌类，适宜在春、秋季栽培出菇。1~3月或8~9月生产菌袋，4~6月或9~11月入林出菇。

（三）栽培管理

1. 栽培种配方 以下几种供参考。

棉籽壳76%，麸皮20%，过磷酸钙1%，石灰1%，石膏1%，糖1%；

棉籽壳88%，麸皮5%，玉米粉5%，石灰1%，石膏1%；

木屑40%，棉籽壳38%，麸皮20%，石膏1%，糖1%；

木屑50%，玉米芯26%，麸皮18%，豆饼粉3%，石灰1%，石膏1%，糖1%。

2. 拌料装袋 先将棉籽壳粉碎成米粒大小的颗粒状，棉籽壳要提前一天加水搅拌，堆积并覆盖塑料薄膜，使其吸水均匀，第二天再加入辅料，充分拌匀，含水量应掌握在70%~75%。料拌好后，即可装袋，装袋时要求光滑均匀，而且要装紧，再用扎口线扎紧。

3. 接种栽培袋 选用17cm×33cm聚丙烯塑料袋，装袋高度18cm，每袋装干料0.4kg。经常规拌料、装袋、灭菌、冷却，灭菌后移入预先消毒过的冷却室中，待冷却至常温后接种。接种必须在无菌操作台上、接种箱或接种室内进行，接种要严格遵守无菌操作规程。

4. 发菌管理　接种后将菌袋移入栽培室内堆放发菌，堆高可根据室内温度而定，一般5 ~10层。注意层高可影响发菌的温度，堆菌层数越高越不利于散热。

（1）发菌前期（接种后15d内）　接种后2 ~3d，接种块就可萌发，向培养料内辐射生长，占满料面，这段时间约需15d。此阶段菌丝处于恢复和萌发阶段，故料温一般比室温低1 ~2℃，空气温度宜掌握在27℃左右，使袋内料温处于菌丝生长的最佳温度。如果冬天或早春气温低，可用薄膜加盖菌袋，使发菌堆温度提高，以满足菌丝生长需求。

（2）发菌中期（15 ~40d）　菌袋中的菌丝封口后，继续向培养料内深入，当菌丝生长越过菌袋长度的50%时，由于菌丝生长旺盛，呼吸加强，代谢活跃，自身产生热量，应解开袋口补充O_2，排除CO_2气体。此时如管理跟不上，料温比室温高4 ~5℃，易出现烧菌或缺氧窒息现象。

（3）发菌后期（40 ~60d）　解开袋口增氧后，菌丝旺盛生长，浓密而白，菌丝量急剧增大，呼吸强度旺盛，对培养料的分解和转化活性增强，菌丝体内营养积累增多。此阶段温度宜在23 ~24℃，特别注意防止高温。如室温达27℃，料温就会超过30℃，容易导致菌丝发黄变红色，受到严重损伤，甚至发生“烧菌”，菌袋变软，培养料酸臭。因此，必须注意疏袋散热，以控制堆温，降低料温。

菌袋在适温20 ~27℃下经50 ~60d培养后接近成熟，应适时割袋转色催菇。割袋后O_2充足，升温非常快，往往堆温上升5 ~8℃，要及时通风降温，排除CO_2，否则，菌丝变黄退化，菌袋内培养料急剧失水收缩，对后期菌丝生长及菌皮形成、转色和原基形成产生不良影响。

发菌期间还要做好以下管理工作：室（棚）内空气相对湿度要控制在70%以下，湿度过高时要排潮。发菌期每天开门窗通风2 ~3次，随培养时间的增加，适当延长通风时间，若室温偏高，还要疏袋散热。发菌时要进行遮光培养，有利于菌丝健壮生长。

经过60 ~80d发菌，菌袋表面全部转色，培养料的颜色进一步变淡，菌丝体累积了大量营养物质，培养料含水量达70%以上，用手捏菌袋感到柔软、有弹性时，这是生理成熟的表现，可进行催蕾管理。

5. 催蕾　在褐色菌皮形成的同时，茶树菇子实体原基也随之开始形成。变温刺激是促进原基形成的重要措施，温差越大，形成的原基就越多。其方法是结合菌袋转色，连续3 ~7d拉大温差，白天关闭棚，22时后适当放风，使昼夜温差拉大到8 ~10℃，直到菌袋表面出现许多白色的粒状物，说明已经诱发原基，并将分化成菇蕾。除变温刺激外，还必须注意创造阶段性的干湿差和间隙光照条件，并采用搔菌及拍击等方法进行刺激。干湿交替，是指喷水后结合通风，使菌袋见湿见干。菌袋转色菌皮未形成前不宜通风时间过长，以免菌袋失水。菌袋割袋过早，应注意保水保湿。光照越充足，通风越好，则转色过程越短，转色越好。光照刺激可在必要时，将棚顶的遮阳物拨开，使较强光线照射菇床。处理3 ~5d后，菌袋面上出现细小的晶粒，并有细水珠出现，再过2 ~4d，在袋面会出现密集的菇蕾原基。原基的形成是生殖生长的开始，随着原基生长，分化出菌盖和菌柄，标志着菇蕾的形成。

在催蕾过程中，若遇培养料水分含量或环境相对湿度低，以及气温较高等情况，已分化的原基就会萎缩死亡。因此，在自然气温偏高时，不要急于催蕾。若原基已开始形成，

则可采取降温措施，并注意保湿和调节干湿差。在割袋管理过程中，若给予过多的震动刺激，尤其是菌袋上面1/3部位的菌丝体受到震动刺激时，会过早形成子实体，造成小蕾、密蕾，降低产品的质量与产量。

6. 出菇管理 将菌袋转入林内拱棚中，直立排放在床架上或地面上，用散射光照射并通风换气，继续培养10～15d，以积累充足的营养成分，促子实体原基形成。利用昼夜自然气候及通过盖膜和揭膜，制造明显的温差及干湿差，刺激3～5d后，菌袋表面分泌黄水，经2～3d后即可出现密集的白色原基，接着分化成大批菇蕾。此时，要及时开袋，拉直袋口。

温度宜控制在20～28℃，让菇蕾充分生长发育，形成大批优质菇。出菇阶段温差不宜大，棚内温度宜相对稳定，给予适当的散射光，这是取得茶树菇优质高产的关键因素之一。湿度宜控制在90%左右，采用轻喷勤喷方法，始终保持小环境中较稳定的湿度。根据长势情况每天通风1～3次，每次15～20min；通风过度，会导致开伞早、肉薄、柄短。出菇旺季，可利用采菇通风换气。

出菇后菌袋减轻时，应及时浸水，但补水不宜过量，否则会因高温高湿，引起菌丝死亡，杂菌孳生，菌袋软腐解体。喷水和采收等管理工作，应放在气温低的早、晚进行，中午温度过高时，可提前搭遮阳网，既可降温，又能提供散射光，这样，可以延长春季出菇的时间到初夏或仲夏。

（四）采收与收后管理

1. 采收 经过15～20d的出菇管理，子实体长到八分熟，菌盖边缘颜色较淡、菌膜未破或微破时即可采收。采收时握住整丛菌柄轻旋拔出，轻拿轻放并及时包装保鲜或烘干。

2. 采后管理 采收第一茬菇后，清理培养料表层，停止喷水，让菌丝休养3～5d，然后进行出菇管理，经过7～10d，又可长出小菇蕾，第一潮菇可采3～5茬，第二潮菇可采2～3茬，一般可收3～4潮菇。茶树菇产量集中在第一、第二潮，这两潮菇产量可占总产量的80%以上，同时，这两潮菇质量也最优。若在第二茬菇采收后转入脱袋埋土栽培，补充菌筒内水分，可提高产量，一般每袋产量可达200～300g。当采收两批菇后，培养袋明显变轻，必须向袋内补充营养液。

（五）效益分析

茶树菇是中国食用菌专家黄年来发现的新种，经人工配料栽培后，其口感、香味、风味和品质优于杨树菇，深受生产者和消费者欢迎。20世纪江西省黎川县年产鲜菇1万t，成为当地“富民强县”的支柱产业。注册的田丰牌茶树菇商标获国家“AA”级绿色食品商标称号，产品热销国内各大城市，远销东南亚和欧美等国。随着人们对茶树菇的认可和喜爱，其人工栽培规模和范围逐年扩大，已从中国南方向北方延伸，发展到寒冷的东北。这说明，茶树菇的市场前景非常广阔。

八、白灵菇

白灵菇［*Pleurotus eryngii*（DC. et Fr.）Quél. var. *nebrodensis* Inzenga.］，又称阿魏蘑菇、翅鲍菇，隶属于担子菌亚门、层菌纲、伞菌目、侧耳科、侧耳属。是刺芹侧耳的白色变种，菇体洁白、形似灵芝，因而得名白灵菇。最初发现于新疆的伊犁、塔城等地，春末夏初寄生或腐生于伞形科草本植物阿魏草的根茎上，故也称阿魏菇，是干旱草原上食、药两用大型真菌的代表种。

白灵菇子实体稍大，单生或丛生，菌盖直径5～15cm，呈贝壳状，中央下凹呈浅漏斗状，幼时褐色，成熟后浅色，菌肉白色，中部肥厚，沿边缘渐薄。菌褶密集，长短不一，白色。菌柄很短或近无柄，常偏心生，上下等粗或上粗下细，表面光滑，白色。孢子近纺锤形，无色，光滑，有内含物；孢子印为白色或浅黄色。

白灵菇菇体肥大，颜色洁白，脆嫩可口，香味浓郁，营养丰富，干品中，蛋白质含量高达14.7%，脂肪4.3%，粗纤维15.4%，灰分4.8%；含维生素C 26.4mg/100g；含K、Na、Ca、P、Mg、Mn、Zn、Cu、Se等多种矿物元素；菌类多糖19.0%，含17种氨基酸，人体必需的8种氨基酸占氨基酸总量的37%。现代药理学研究表明，白灵菇中所含的真菌多糖能调节人体生理平衡，增强人体免疫功能，具有抗肿瘤、抗病毒、降低胆固醇含量、防止动脉硬化的作用，是一种天然保健食品，民间称之为“天山神菇”。白灵菇除鲜食外，可加工成罐头，切片（烘干），进行深加工还可作为其他各种保健营养品、调味品及饮料添加剂等。

（一）生长发育条件

1. 营养　白灵菇在自然界主要生长于伞形科大型草本植物如阿魏、刺芹、拉慧草等植株的根茎上，是一种木腐菌，具弱寄生性，有很强的分解纤维的能力，生长发育要求丰富的碳源和氮源。人工栽培时，常用棉籽壳、玉米芯、木屑、甘蔗渣等为碳源，麸皮、玉米面等为氮源作为主要原料来栽培。

2. 水分　白灵菇菌丝和子实体生长发育需要充足的水分。培养料含水量在60%～65%时，可以满足正常生长发育需要。子实体在空气相对湿度85%～95%时，生育正常。在低温干燥（空气相对湿度低于70%）环境下，菌盖表面常发生龟裂。由于白灵菇个头大，菌肉厚，因此，抗旱能力比其他食用菌强。

3. 温度　白灵菇是一种中低温型食用菌，温度是决定白灵菇生长发育的重要因素之一，也是稳产的关键。菌丝在5～32℃均可生长，最适温度为24～27℃，在35～36℃菌丝停止生长；子实体发育温度在8～25℃，最适温度为13～18℃。

4. 光照　白灵菇菌丝生长阶段不需要光线，光线过多会出现菌丝未发满就出菇，且菌丝容易老化，造成菌丝生长速度减慢。菇蕾分化需要散射光刺激，在200～1 000lx光照条件下，子实体发育正常。在低温的情况下，较强的光线下也生长良好。

5. 空气　白灵菇是好气性菇类，菌丝和子实体的生长发育都需要新鲜充足的O_2，尤其是子实体形成期，代谢旺盛，对O_2需求量比较大，如果菇房通气不良，CO_2积累过多，容易产生盖小、柄长的畸形菇，并引起子实体死亡腐烂。

6. pH 值 白灵菇的菌丝可以在 pH 值为 5～11 的基质上生长，最适 pH 值为 5.5～6.5，pH 值 >8 时，菌丝细弱且生长速度减缓。

（二）栽培时间

一般为 7～8 月份接种栽培袋，10～11 月份进行出菇栽培。

（三）栽培管理

1. 栽培种培养料配制 培养料要求有营养、透气、保水好等特点，不能含有任何有毒物质。常用的配方有以下几个。

棉籽壳 78%，麸皮 20%，石膏 1%，蔗糖 1%；

玉米芯 60%，棉籽壳 20%，麸皮 18%，石膏 1%，蔗糖 1%；

棉籽壳 60%，玉米芯 25%，麸皮 7%，玉米粉 5%，石膏 1%，石灰 2%；

木屑 77%，麸皮 17%，玉米粉 3%，蔗糖 1.5%，石灰 1.5%；

棉籽壳 40%，木屑 20%，玉米芯 20%，麸皮 13%，玉米粉 5%，过磷酸钙 1%，石膏 1%；

豆秸 60%，木屑 20%，麸皮 15%，玉米粉 3%，石膏 1%，石灰 0.8%，磷酸二氢钾 0.2%。

选择上述配方之一，用新鲜、干燥、无结块、无霉变的培养料充分混合，加水拌匀后，建成高 1～1.2m、上宽 0.5m、下宽 1.2～1.5m、长度不限的堆进行发酵。建好堆后打孔通气，一定要打到底，孔径 5cm、孔距 30cm，以利好氧发酵。当料温升到 70℃ 后维持 24h 进行翻堆，补足水分，然后，继续建堆发酵，经过 3～4 次翻堆、7～10d 的发酵，当料呈棕褐色、腐熟均匀、松软而有弹性、无酸臭味时，发酵结束。然后，散堆降温，调节含水量至 60%～65%，即可装袋。

2. 装袋、灭菌、接种 栽培袋可采用 17cm×33cm 的聚丙烯或聚乙烯塑料袋，每袋约装 0.6kg 的干料，袋中央打孔。装好袋后，及时灭菌，放置栽培袋时，必须留缝隙，以免造成死角、灭菌不彻底。在高压 126℃ 下维持 70～90min，或在常压 100℃ 下维持 12～16h。

灭菌后冷却至 60℃ 左右时，把料袋搬进接种室冷却，保持清洁，温度降至 30℃ 以下时，即可接种，在接种箱或接种帐中，按常规无菌操作规程进行接种（详见本章第一节），接种量为 3%～5%，袋口不必扎得过紧，以免因通气不畅影响发菌。

3. 发菌管理 接种后移入干燥消毒的培养室培育菌丝，“井”字形摆放，以免烧菌。培养室的温度控制在 22～25℃，空气相对湿度控制在 70% 左右，避光，3～5d 内尽量少通风，5d 后每天通风两次，每次 0.5～1h。菌袋内菌丝生长半月后，需用针或牙签在菌袋菌丝体处扎眼，增加 O_2，菌丝生长速度加快。接种后每隔 10d，结合翻堆倒垛检查，若有点状杂菌，可用 75% 酒精或 0.1% 高锰酸钾处理，严重时，拿出室外集中处理。35～40d 菌丝可以满袋，此时，菌袋松软、菌丝稀疏。

4. 后熟管理 菌丝满袋后，移入林内进行后熟管理。此阶段是菌丝进一步积累营养的过程，后熟过程的长短，影响产量、品质。如后熟时间短，过早刺激出菇，产量低，菇小、肉薄，畸形菇多；后熟期过长，造成管理成本增加，并且料内的养分消耗过多，因而

降低白灵菇的产量。经实践证明，40d 左右的后熟期最合适。采取喷雾的方法使小拱棚内的空气相对湿度增至 70% ~75%，温度控制在 20 ~24℃，经常进行棚内通风，保持棚内空气新鲜。光照以散射光为主，后熟培养期严禁光线直射，郁闭度 <70% 的林分要在拱棚上方搭建遮阳网。经 40d 的后熟，菌丝达到生理成熟即菌丝发育浓密洁白，形成菌被，菌袋坚硬且有弹性，养分积累的更多，个别菌袋开始出现白色米粒状原基。此阶段温度过高，易烂袋或菌皮过厚；温度过低，造成后熟时间延长，出菇延后。

5. 催蕾管理 后熟阶段结束后为白灵菇创造合适的外界条件，促进及早出菇。进行搔菌，刺激原基在新鲜的菌丝断面上形成，进而形成健壮的子实体。方法是：先解开袋口，用消毒后的小钩刮去老菌块和轻轻搔去菌袋中央表面菌皮，露出里面的培养料，大小直径 3 ~4cm。搔菌面积小，现蕾较少，不利于选择，搔菌面积过大，造成菌丝恢复时间长且现蕾过多，子实体容易畸形。搔菌后，抖动袋口的塑料膜，使袋口处的膜与栽培料之间的空隙适当加大，用绳扎起，不必扎紧。18 ~20℃培养 3 ~5d，搔菌处会长出白色绒毛状菌丝。然后利用自然温差刺激菌袋，促使菌丝由营养生长转向生殖生长，白天盖膜控制温度在 15 ~18℃，晚上揭膜温度降至 5℃以上，并给以少量散射光，在 10 ~12℃温差刺激下，连续 10 ~15d，即可形成菇蕾。

6. 出菇管理 菇蕾形成后，增加通风量，每天通风 2 ~3 次，保持空气新鲜，维持棚内空气相对湿度在 90% 左右。菇蕾达玉米粒大小时解袋口，到花生豆大小时放口，同时进行疏蕾，切除弱小差的、保留形状好最健壮的菇蕾一个。长至乒乓球大小时进行挽口或去掉多余的袋膜，以防影响子实体的生长。棚内温度控制在 10 ~18℃，尽量减少昼夜温差，向棚内喷雾状水，相对湿度提高至 95%，注意不要将水直接喷到子实体上。

（四）采收与收后管理

1. 采收 从幼菇形成到成熟需 10 ~15d。白灵菇八分成熟时，菌褶分化完全，菌盖由内卷逐渐平展，边缘变薄，菇体开始变黄色，菇体长 8 ~12cm，此时应及时采收。手抓住菇柄基部旋转拧下，把基部的培养料用快刀削去，用软纸包好，装入保鲜箱。

白灵菇的分级：

1 级：菇体掌形，菇形规则，菇体洁白，菌盖表面光滑，边缘圆整，无皱褶或裂痕，菌褶排列整齐，菌盖直径 8 ~15cm，每只重 150 ~300g，如菇体为掌形，菌柄应小于 2cm。

2 级：菇形基本规则，菇体洁白，菌盖较平滑有波纹，菌盖基本平整，没有明显裂痕，菌褶排列较整齐，菌盖直径 8 ~16cm，菌柄小于 2cm，单只重 120 ~300g。

3 级：菇体较洁白，菇形不规则，畸形，菌盖表面有细微裂痕，边缘上翘，勺型但无明显病斑。

2. 采后管理 采收一茬菇后停止喷水，清理袋口和周围的残余物，让菌丝恢复生长，积累营养，1 周后再进行喷水管理，保持湿度，控制温度，15d 后可出第二潮菇。生物学转化率 50% ~80%。

（五）效益分析

前几年，从各地生产现状看，大多数处于盲目状态，造成白灵菇价格市场波动大，

2000 年冬季为 50～60 元/kg，2002 年冬季由于大量季节性白灵菇上市，价格最低时只有 6 元/kg，2009 年初价格稳定在 10～20 元/kg。天津市蓟县出头岭镇 2007 年建立了占地约 $100hm^2$ 的白灵菇生产基地，年产白灵菇约 5 000t，产值达到 4 000万元以上。中峪村的刘中生，2007 年种植 5 个大棚的白灵菇，短短的 6 个月时间，就给他带来了 20 余万元的收入。

白灵菇价格从前几年的大起大落正走向平稳，是市场培育期中的正常现象，随着栽培技术的提高和消费市场的成熟，生产规模和价格会形成相对稳定的局面，白灵菇也将像其他蘑菇一样进入平常百姓的餐桌，发展前景广阔。

九、杏鲍菇

杏鲍菇［*Pleurotus eryngii*（DC.） Quél.］又名杏仁鲍鱼菇，隶属于担子菌亚门、层菌纲、伞菌目、侧耳科、侧耳属。野生杏鲍菇主要分布在新疆和青海，常生在春末夏初刺芹、阿魏等枯死植株的根上，在分类上为刺芹侧耳，有杏仁的清香味，是一种大型肉质伞菌，是国内外市场上的畅销品种。

杏鲍菇子实体单生或丛生，菌盖幼时盖缘内卷半球形，浅灰色，成熟后菌盖平展，中央稍下凹呈漏斗形，直径 2～12cm；菌柄偏生，粗壮平滑，棒状，浅黄白色，直径 2～5cm，长 8～15cm，无菌环，菌肉白色。孢子椭圆形至纺锤形，白色或浅黄色。

杏鲍菇菌肉肥厚，质地脆嫩，味道鲜美，有“平菇王”、“草原上美味牛肝菌”之称。每百克干杏鲍菇中，含粗蛋白 30.8g，粗脂肪 1.5g，碳水化合物 43.8g，粗纤维 13.2g，灰分 9.1g，以及丰富的寡糖。杏鲍菇可促进人体对脂类物质的消化吸收和对胆固醇的溶解，以及对肠胃调理、美容均有功效，对肿瘤也有一定的预防作用，是人类理想的营养保健品。

（一）生长发育条件

1. 营养 杏鲍菇是一种木腐生菌，有很强的分解纤维的能力。生长发育要求丰富的氮源，含氮量越高，产量、品质越好，以控制在 1.5%～1.8% 为好。人工栽培时，常用棉籽壳、玉米芯、木屑等为碳源，麸皮、玉米面、豆粕等为氮源作为主要原料来栽培。

2. 水分 杏鲍菇菌丝和子实体生长发育需要充足的水分。培养料含水量在 65% 时生长发育最佳。子实体在空气相对湿度 75%～90% 时，生育正常。

3. 温度 菌丝最适温度为 22～26℃，超过 26℃ 会显著影响产量；子实体发育最适温度为 14～15℃，超过 16℃ 后，子实体开始变软，直至中空，产量降低，还易感染杂菌。可以看出，稳定栽培环境的温度是生产成功的关键。

4. 光照 杏鲍菇菌丝生长阶段不需要光线，在黑暗条件下生长良好。菇蕾分化需要间歇的散射光刺激，在 200～300lx 光照条件下子实体发育正常，杏鲍菇有明显的趋光性。

5. 空气 菌丝和子实体的生长发育都需要新鲜充足的 O_2，菌丝生长阶段，CO_2 浓度过高，会抑制菌丝的蔓延；在子实体形成期，代谢旺盛，对 O_2 需求量比较大，如果菇房通气不良，CO_2 积累过多，容易产生畸形菇，并引起子实体死亡腐烂。

6. pH 值　杏鲍菇的菌丝培养初期最适 pH 值为 6.8 ~ 7.2，随着菌丝的生长发育至扭结并发育成子实体，培养料的酸碱度逐渐降低，采收后，pH 值降至 4.5 ~ 5.0。

（二）栽培时间

中国北方可在 6 月初或 8 月底栽培。

（三）栽培管理

1. 栽培种培养料配制

（1）原料的准备　生产中木屑多为木器加工厂的下脚料，所以，单一树种的木屑很难获得。大规模栽培杏鲍菇时，可购买松软质地的枝桠材粉碎成片状的粗木屑和细木屑配合使用。

棉籽壳是棉花加工后的下脚料，应使用新鲜的中绒中壳的棉籽壳。

玉米芯由于加工方法不同，颗粒的均匀度存在差异。捶打式加工的颗粒大多在 0.1 ~ 0.8cm。采用先切片，再破碎过筛方法加工的，颗粒在 0.2 ~ 0.4cm。拌料前，玉米芯应先预湿搅拌 30min，这样可使大小不等的玉米芯颗粒充分湿透。

杏鲍菇的栽培周期 50 余天，为了充分发挥玉米粉的功效，应尽可能粉碎得细些。

（2）配方　以下几种供参考。

木屑 53%，棉籽壳 20%，麸皮 20%，玉米粉 4%，过磷酸钙 1%，石膏 1%，蔗糖 1%；

玉米芯 35%，木屑 20%，麸皮 20%，棉籽壳 18%，玉米粉 5%，过磷酸钙 1%，石膏 1%，蔗糖 1%；

棉籽壳 96%，石灰 3%，石膏 1%；

玉米秸 50%，棉籽壳 30%，麦麸 20%；

木屑 35%，棉籽壳 33%，豆秸 15%，麦麸 15%，蔗糖 1%，石膏 1%；

木屑 78%，麦麸 20%，蔗糖 1%，石膏 1%。

2. 接种栽培袋　栽培袋可采用 17cm × 33cm 的聚丙烯或聚乙烯塑料袋，每袋约装 0.6kg 的干料。装好袋后，及时灭菌，在高压 126℃ 下维持 70 ~ 90min，或在常压 100℃ 下维持 12 ~ 16h。

灭菌后，料袋搬进接种室冷却，温度降至 30℃ 以下时，即可接种，在接种箱或接种帐中，按常规无菌操作规程进行两端接种（详见本章第一节），装袋时，把直径 1cm 的木棒放在袋中间，装完后拔出，或者装完袋后用木棒打洞到袋底，然后用绳扎紧。

3. 发菌管理　接种后菌袋移入通风、保温的培养室培育菌丝，菌袋码成“井”字形，培养室的温度控制在 20 ~ 23℃，空气相对湿度控制在 65% 左右，避光，每天进行通风换气。菌袋内两端菌丝生长布满后，需用消毒后的针或牙签在菌袋菌丝体处扎眼，增加 O_2，菌丝生长速度加快。垛内温度 25℃ 以上时，要进行翻堆倒垛，一般每隔 5d 翻堆检查 1 次，扎眼可与翻堆同时进行。30d 前后菌丝可以满袋。

菌丝满袋后，移入林内继续培养 10d 左右，菌袋两端不断分泌黄色液体，此时，菌丝已经达到生理成熟，可进行出菇管理。

4. 出菇管理

（1）覆土出菇　在林下做畦，宽1~1.2m，深0.2~0.25m。先挖出上层的表土，留作覆土用（覆土前要进行杀虫杀菌处理），后挖出的下层土可用于做畦埂。未出过菇或出过一潮菇的菌棒脱袋后，平放在畦床中，菌棒相间2~3cm，用备好的覆土填满空隙，上面覆土厚度2~3cm。分次灌水，用土补平塌陷的地方。畦上搭建小拱棚，上盖草帘。温度控制在12~15℃，湿度90%左右。

（2）直接出菇　气温稳定在14~15℃时开袋，用铁钩勾出袋口表层老菌种，然后封住袋口。3d后喷水保湿，诱导原基形成。催蕾期空气湿度保持在90%上下，温度严格控制在18℃以下，否则，菇蕾易软化死亡。形成小菇蕾后开袋，将袋膜向外翻卷下折至高于料面2~3cm。幼蕾期少量通风，保持棚内的弱光，3~5d幼蕾分化为幼菇。每个栽培袋保留2~4个比较健壮的菇蕾，保留的菇蕾间距要合适，以免长大后拥挤。当子实体菌盖直径为2~3cm时，湿度降到85%左右，温度降至15℃左右，加大通风量。

在自然条件下林内拱棚栽培时，夜晚温度低于14℃，要增加覆盖物升温保湿；中午光照强、气温高，高于15℃要结合喷雾状水、通风和减少覆盖物等措施降温。

（四）采收与收后管理

现蕾15d左右，菌盖平展、颜色变浅，子实体长到本品种特征且孢子尚未弹射时采收，菇体的杏仁味浓。一手拿住菇柄，一手用刀在菌柄的最下方将菇切下，整理干净，轻轻地放在干净的包装箱内码放整齐。不得在常温下久置，以防菇柄根部变色、菌盖开裂。在冷库保鲜时温度控制在0~4℃，可在销售前进行分级包装。

采收一潮菇后，清理料面，剔除污染袋。调整好菇棚的环境，经过10~15d，可长出第二潮菇，杏鲍菇的产量主要集中在第一潮。一般生物学效率为70%~80%。

（五）效益分析

杏鲍菇是珍贵食用、药用菇种之一，质地鲜脆，风味独特，是一种高蛋白、低脂肪的高级绿色食品，深受广大消费者青睐。近年来，国内外市场对杏鲍菇的需求量大增，发展前景十分广阔。

十、猴头菇

猴头菇［*Hericium erinaceus*（Bull. ex Fr.）Pers.］又名猴头蘑、刺猬菌、山伏菌，属担子菌亚门，层菌纲，非褶菌目，猴头菌科，猴头菌属。菌伞表面长有毛茸状肉刺，长1~3cm，它的子实体圆而厚，新鲜时白色，干后由浅黄色至浅褐色，基部狭窄或略有短柄，上部膨大，直径3.5~10cm，远远望去似金丝猴头，故称“猴头菇”。是中国传统的名贵菜肴，肉嫩、味香、鲜美可口，是四大名菜（猴头、熊掌、海参、鱼翅）之一，有“山珍猴头、海味燕窝”之称。子实体含猴头菌素（hericenin Ⅰ-Ⅴ）、猴头菌酮（hericenoneA-H）、多肽、多糖、核苷和甾醇类等活性物质，可用于治疗胃、十二指肠溃疡、神经衰弱、身体虚弱等疾病，具有益气健脾、利五脏、助消化、抗癌、抗微波辐射和滋补身体等功效，是著名的食药兼用真菌。主产于黑龙江、吉林、内蒙古、河南、河北、山

西、甘肃、湖北、四川、浙江等省（自治区）。

（一）生长发育条件

1. 营养 猴头菇属木腐菌，适宜树种的木屑是最经济而优良的碳源，棉籽壳、蔗渣、稻草、麦秸、棉秆、酒糟、甘薯粉也可作为碳源，麦麸、玉米面、米糠、尿素、蛋白胨、铵盐、硝酸盐等可作为氮源，但有机态氮更有利于猴头菇生长，猴头菌在富含棉籽壳的培养料上产量高。生长发育过程还要适宜碳氮比，菌丝生长阶段以（20～25）：1为宜，氮源高，子实体形成迟缓，而碳源高，子实体瘦小，所以，生产中一定要控制好培养料的碳氮比，子实体生育阶段以（35～45）：1最适宜。此外，猴头菇在生长中，还要吸收一定数量的P、K、Mg及Ca等矿物质离子。

2. 水分 猴头菇菌丝生长阶段，培养料适宜含水量为60%～70%，高于80%，菌丝细弱，易污染，低于50%，原基分化数量显著减少，子实体晚熟，空气相对湿度以70%左右为宜。子实体生长阶段空气相对湿度应控制在85%～90%，低于70%，子实体失水干缩变黄色，菌刺短，生长慢，产量降低，高于95%，菌刺长，菇体球心小，分枝形成“花菇”，严重时，不形成球块，抗逆性降低。

3. 温度 猴头菇属中温型菌类，菌丝生长温度为6～33℃，最适温度是23～25℃，6℃以下菌丝几乎停止生长，温度过高，菌丝纤细而稀疏，超过35℃，菌丝完全停止生长。猴头菇是恒温结实性菌类，原基形成的适宜温度为20～22℃，子实体生长温度为6～25℃，最适温度16～20℃，温度能影响子实体的形态与品质，温度低于12℃，子实体生长缓慢，容易发红，味苦；温度高于20℃，子实体刺长，菌球小、松软，容易形成分枝，高于25℃，原基分化数量降低，生长缓慢，甚至停止生长。

4. 光照 菌丝体生长阶段对光照要求不敏感，在完全黑暗中也能正常生长，在25lx以上的散射光下，菌丝生长速度随光照的增强而降低。子实体的形成和发育需要微弱的散射光，在光照强度为200～400lx时，子实体长得健壮洁白，过强的直射光则会使子实体发育受阻，菇体变红色，产量下降。

5. 空气 猴头菇是好气性真菌，但在菌丝生长阶段对CO_2的浓度不敏感，菌丝体适宜生长的CO_2度为0.41%～2.05%，在CO_2浓度较高时，仍能照常生长，但是当CO_2浓度超过5.71%时，菌丝停止生长甚至死亡。子实体生长阶段极喜O_2，当CO_2浓度超过0.1%时，子实体不易分化，菇柄拉长，产生珊瑚状分枝，菌刺弯曲成畸形，甚至死亡，所以，培养时要经常通风换气。

6. 酸碱度 猴头菇属喜酸性菌类，菌丝生长阶段在pH值2.4～5均可生长，但以pH值4最适宜。当pH值在7以上时，菌丝生长不良，菌落呈不规划状。子实体生长阶段以pH值4～5最适宜。

（二）栽培时间

猴头菇的发菌时间需30～40d，栽培1次，可收3～5茬，约需2个月。在选择自然环境条件下出菇时，应根据其生育特性和当地的气候条件确定装袋时间。一般春秋两季均可栽培，华北地区春季栽培一般2～3月制种发菌，4～5月出菇；秋季栽培一般8～9月制

种发菌，10月至翌年1月出菇。春季栽培，培养菌丝阶段可适当提早，加温培养，可以延长子实体的生长时间。

（三）栽培方法与管理

1. 培养料制作 培养料应选择新鲜、无霉烂变质的阔叶树木屑、棉籽壳、玉米芯、甘蔗渣、麸皮、米糠等。若在培养料中加入少量的P、K、Mg等矿物质，生长会更好。

配方1：棉籽壳80%、木屑10%、米糠8%、石膏粉1%、过磷酸钙1%；

配方2：玉米芯30%、棉籽壳25%、麦麸10%、木屑10%、米糠10%、玉米粉7%、棉籽饼7%、石膏粉1%；

配方3：玉米芯78%、米糠或麦麸20%、石膏粉1%、过磷酸钙1%；

配方4：木屑78%、米糠或麦麸20%、白糖1%、石膏粉1%。

2. 装袋（瓶） 猴头菇主要采用熟料栽培，常见的有瓶栽和袋栽两种方式。瓶栽主要用于层架立体栽培，生产中，袋栽最为常用。装瓶时，广口瓶装至瓶肩，小口瓶应装至瓶颈上部，便于子实体长出，装瓶完毕将瓶口整理干净，用木棒在料中心处打孔至瓶底，以利于通气，然后用棉塞封口。袋栽比瓶栽装的培养料多，长出的子实体大，选用15cm×(30~50)cm的聚乙烯或聚丙烯塑料袋，厚0.04~0.05mm，装料前先将袋口一头用线绳扎好或选用一端封好的袋，料要适度压紧，上下松紧一致，袋口干净，以避免杂菌从袋口侵入。装满料后，从中央打通气孔，然后系紧袋口，最好使用塑料颈圈，以利菇体生长。根据所用塑料袋的大小和出菇方式不同，袋栽又可分为小袋两头出菇和大袋中间多点出菇。

3. 灭菌 装袋后采用常规方法灭菌（详见本章第一节），常压灭菌加热至100℃，保持20h，高压灭菌121℃，1.5~2h。

4. 接种与培养 袋（瓶）内料温降至30℃以下时，在无菌条件下进行接种。接种量以干料的10%为宜。接种后将栽培袋（瓶）放在22~25℃培养室培养，长袋栽培的要将袋按“井”字形堆码4~5层发菌，每10d翻一次堆，防止烧菌。培养室空气相对湿度应在70%以下，通风良好，黑暗或有较弱的散射光，25~30d猴头菌丝体就能长满瓶或袋。等袋（瓶）口出现原基时，应及时进行催蕾出菇。

5. 栽培管理 猴头菇具有边发菌边出菇的特点。适宜条件下，菌丝体长至半袋（瓶）时，就开始扭结形成子实体，应及时将菌棒移入林地，适时开袋，进入出菇管理阶段。瓶栽的可在层架立体出菇，袋栽的可进行不脱袋出菇或脱袋后覆土出菇，也可以先采用前法出1~2潮菇后再覆土、补水出菇。猴头菇刺毛有明显的“向地性”，因此，在出菇期，不要轻易倒置菌袋，以免刺毛不顺势生长，变成畸形菇。

子实体适宜生长温度为18~22℃，控制好生长迅速，发育健壮。温度超过22℃应及时或清晨掀棚膜通风和喷雾降温。温度低于18℃时，拱棚夜间加盖草帘，减少喷雾，以便提温。特别需要注意棚温不能降低于12℃，否则，子实体易发红色，导致菌枯死亡。温度超低或超高都会影响菇体生长，特别是高温或低温易出现畸形的“光头菇”。

在出菇期，水要“勤喷、少喷”，不可直接向菇体喷水，空气相对湿度控制在90%左右。空气湿度低，菇体生长缓慢，颜色变黄色易干缩。但湿度也不易太高，经常出现饱和

状态，菇体生长缓慢，易引起杂菌感染和病虫害，导致菇体霉烂。在长菇期间，随时观察湿度变化，用掀棚膜、盖草帘、喷雾等方法控制空气湿度。

子实体生长阶段需要一定的散射光（200～400lx，在棚内能看清书报为度），若光线不足，子实体原基不易形成，而已形成的子实体会长成畸形菇，但要避免阳光直晒。

加强通风换气，控制棚内 CO_2 浓度，以人感觉到不闷或无异味为好，CO_2 浓度过高易形成珊瑚状畸形菇，高温时，选择在早晚通风，每次 30min 左右，低温时，在中午通风。

（四）菇体采收与收后管理

适时采收是保证猴头菇优质高产的关键。最佳时机是猴头菇基本长大但尚未成熟，仅为七八分熟，子实体长至 5～12cm，菌刺长至 0.5～1.5cm，瓶肩处有一层薄薄的白色孢子粉，孢子尚未弹出，即可采收。采收过早，生长不足，影响产量，采收过晚，子实体组织纤维化肉质松涩，味苦色黄，降低品质。采收前 6h 停止喷水与通风，采收时将子实体从基部割下，及时清除残留菇柄和老菌皮，搔动料面，使菌丝获得充足的空气，以利第二批子实体生长。袋栽的尽量不要割破塑料袋，防止杂菌污染，然后扎紧袋口，通风 12h，停止喷水 2～3d，把温度调高到 23～25℃，促进菌丝的生长，之后喷水保湿，湿度控制在 80% 左右，10d 前后会出现第二潮原基。一般可收 3 潮，管理好的可采收 3～5 潮，整个生产周期正常情况两个月结束，生物转化率一般为 90%～100%。

（五）效益分析

猴头菇的生长不需土壤，无需耕地，充分利用林下空地生产，潜力和意义巨大。进入出菇管理阶段，瓶栽的可在层架立体出菇，袋栽的可进行不脱袋出菇或脱袋后覆土出菇。猴头菇还具有低耗水和高生物转化率的优点，与大田主要农作物相比，可实现较高的生物转化率，具有点木（草）成金，化害为利，变废为宝的产业特点，其生产成本低，周期短，效益高，投入产出比大约在 1：(2～3)。其生产原料袋均成本为 0.76 元，主要由菌种、菌袋、锯末、营养填加料、地膜、遮阳草帘、接菌消毒设备、燃料、人工费等部分构成。产量约为 0.5kg 鲜品，按照鲜品收购价每 0.5kg 2 元计算，每袋产值约为 2 元钱，纯利润为 1.24 元。由于猴头菇采用立体棚架出菇，每亩地棚架一般可摆放 1 万袋猴头菇，亩产猴头菇 5 000kg，纯利润 12 400元，经济效益较高，很有发展前景。

十一、灰树花

灰树花［*Grifola frondosa*（Dicks. exFr.）S. F. Gray］又名栗子蘑、千佛菌等，日本称之为“舞茸”。属非褶菌目，多孔菌科，树花属。灰树花肉质柔软、味如鸡丝、口感鲜美、香味独特。灰树花松蕈芳香，肉质柔嫩，菇体内含蛋白质、氨基酸，并富含 Fe、维生素 C、维生素 B_1、维生素 B_2 及有机硒和 Cu、Fe、Zn、Ca、Na 等矿物质元素。不仅是高蛋白、低脂肪、营养丰富和补硒食品，还具有防癌抗癌、抗衰老、促进性腺功能、防治糖尿病、抑制肥胖、双向调节血压、治疗动脉硬化、脑血栓、益气健脾和补虚扶正之功效，因此有“食用菌王子”之美称，是极具发展前途的高档食、药用菌。灰树花原产于

日本北部山区，中国自然分布在河北、吉林、广西、四川、西藏、江西、浙江、福建等省（自治区）。

（一）生长发育条件

灰树花是一种中温型、好氧、喜光的木腐菌，夏秋季发生于栎树、板栗、青风栎等壳斗科树种及阔叶树的树桩或树根上，造成心材白色腐朽，木质部成了灰树花的主要营养源。海拔800m以上、降水量达200mm的年份，灰树花发生较好。

1. 营养 灰树花在不良环境中形成菌核，菌核外形不规则，长块状，表面凹凸不平，棕褐色，坚硬。子实体由当年菌核的顶端长出。灰树花人工栽培时，可广泛利用杂木屑、棉籽壳、蔗渣、稻草、豆秆、玉米芯等作为碳源。有机氮最适宜菌丝生长，几乎不能利用硝态氮，生产中，常添加玉米粉、麸皮、大豆粉等增加氮源，维生素 B_1 也是子实体正常生长发育必不可少的营养物质。

2. 水份与湿度 菌丝体生长阶段，培养料的含水量为60%～63%，含水量过低出花不整齐，过高则菌丝体分泌黄水过多，影响子实体发生。发菌期湿度控制在60%～70%，子实体生育期需要充足的水分，空气湿度应保持在90%左右。湿度过低，子实体极易失水枯死，湿度过高（>95%），往往因氧分压下降而菇体腐烂易受细菌感染。

3. 温度 灰树花菌丝体生长温度范围5～32℃，最适温度为20～26℃，原基分化温度16～20℃。菌丝耐高温能力较强，在32℃时也可缓慢生长。子实体生长发育的温度范围为10～27℃，最适为15～20℃，但因菌株不同有所差异。

4. 空气与光照 灰树花是需氧最多的食用菌之一，不论在菌丝生长阶段还是子实体发生阶段都需要充足的 O_2，通气不足或 CO_2 浓度过高，菌丝细弱，分枝少，子实体生长迟缓、不分化，菌盖开片难，畸形多，并易遭杂菌污染。因此，培养室要注意排风换气。子实体生长阶段要注意通风与保湿两者的矛盾，这也是管理上的一个关键技术。灰树花菌丝生长阶段对光线要求不敏感，光照强度为15～50lx即可，过强的光线影响菌丝生长。子实体生长需要较强散射光或稀疏直射光，适宜光照强度为200～500lx，光线不仅影响子实体颜色、形状、成活率，还可以影响菇体香味，散射光越强，香味越浓，品质越好；光线不足，子实体分化困难，色泽浅，产量低，质量差，甚至不出菇。

5. 酸碱度 灰树花适宜在微酸性环境中生长，菌丝pH值4.8～5.5为宜，子实体生长阶段pH值4.0为宜。培养料配制pH值6.0左右，有利于子实体的生长发育。

（二）栽培时间

灰树花菌丝生长较慢，栽培袋发满菌需50～65d，而出菇期对温度要求较高，在选择自然环境条件下出菇时，应安排妥当出菇期，算准装袋时间，栽培袋制作应在出菇期向前推70d左右。华北地区主要在春秋两季的适宜出菇期进行栽培，春栽应在1～3月制种发菌，4～6月出菇；秋栽6～8月制种发菌，9～11月出菇。灰树花的菌丝具有较强的抗衰能力，在低温季节提前排袋，可使菌丝连接紧密，充分吸收养分，出菇势强，提高产量。

（三）栽培方法与管理

1. 培养料制作　培养料以阔叶树木屑为主料，山毛榉、樱树、橡树等阔叶树杂木屑为佳。颗粒0.5～2mm，0.5mm以下颗粒过细容易出现畸形子实体；2mm以上颗粒过粗又容易使产量下降。适量（30%以下）添混一些针叶木屑效果更好。营养添加物主要为麦皮、玉米粉，以玉米粉较佳，用30%麦皮+70%玉米粉效果也很好。营养添加量一般占总干料重的20%～30%，过量添加营养容易出现畸形菇。培养料应新鲜，不宜太细，用前要经日光充分暴晒。培养基配方：

配方1：杂木屑34%、棉籽壳34%、麦麸10%、玉米粉10%、沙壤土或壤土10%、石膏粉1%、蔗糖1%；

配方2：杂木屑78%、麦麸12%、玉米粉8%、石膏粉1%、蔗糖1%；

配方3：杂木屑60%、废料20%、麦麸5%、玉米粉5%、沙壤土或壤土10%；

配方4：杂木屑50%、棉籽壳30%、麦麸6%、玉米粉12%、石膏粉1%、蔗糖1%。

2. 装袋　栽培袋选用规格为（17～18）cm×（30～35）cm，厚度为0.04～0.05mm的聚乙烯袋或聚丙烯袋，装料15cm左右，松紧适中，四周紧中间松，在料中央打洞以利于通气，袋口套套环，加棉塞盖防水纸，扎紧后及时入灶灭菌。

3. 灭菌　灭菌按常规要求进行（详见本章第一节），装袋后马上灭菌，灭菌时温度尽快升到100℃，同时，彻底排除冷空气。常压灭菌100℃维持20h，高压灭菌121℃维持1.5～2h。

4. 接种与培养　袋内料温下降到30℃时，按严格的无菌操作规程进行接种（详见本章第一节），接种量以干料的10%为宜。接种后把菌袋置于22～26℃的培养室中避光培养，温差不能太大，相对湿度控制在60%～70%，每天通风1～2次。30d前后菌丝可长满袋，并在表面形成菌皮，然后逐渐隆起，这时把菌袋摆稀疏一些，加强光照，15～20d后，培养基表面隆起变成灰白色至深灰色，并分泌出淡黄色水珠，即形成灰树花原基，此时，应及时将菌棒转入林地进入出菇管理阶段。

5. 栽培管理　目前，林地灰树花出菇管理有两种方式，即栽培袋直接出菇和畦栽覆土出菇。

（1）栽培袋直接出菇　菌袋达到生理成熟出现原基时，应将菌袋小心移入林地继续培养5～8d，当原基表面逐渐形成蜂窝状并分泌出少许水珠，即可打开菌袋，袋口覆报纸，喷水保湿。此时温度应控制在15～22℃，空气相对湿度85%～90%，增强光照，每天通气3～4次，每次1h。待子实体即将长出袋口时去掉报纸，注意调整袋口，以利于子实体开片。

（2）畦栽覆土出菇　是目前较普遍使用的方法，子实体得到覆土层的支撑和保护，生物转化率明显提高。

第一步做畦。畦深25～30cm，长和宽可根据林地的实际情况而定，畦边垂直，底面要平，随后在畦内灌一次大水，以保证畦内湿度充分。水渗后，在坑底和沟帮撒一薄层石灰，再喷一遍500倍液辛硫磷，再在畦底铺2cm厚一层经消毒的细沙。

第二步排菌和覆土。菌袋与菌袋间距离2cm左右，空隙间填入经过消毒的沙土，覆

土厚度约 2cm，以盖住原基为准。覆土后，及时喷水增湿，轻喷勤喷，必须在 1～2d 内把覆土层土壤调到适宜湿度，以手握土粒不碎不黏手为宜，棚内湿度保持 80%～90%。调水完毕，在土层表面可覆盖一层经消毒的麦秸，以保持土壤湿度。用塑料薄膜或尼龙袋将畦四周包严，以防畦边土脱落。菌袋排入畦内 10～15d 后，原基长出土壤。

第三步出菇期管理。灰树花在出菇期要求较稳定的温度，控制在 18℃左右，一旦温度降到 10℃以下，即使再调到适温，也长时间不能恢复生长。保持空气相对湿度 90% 左右，增加通风保证 O_2 充足，增强光照（200～500lx），以满足灰树花对光线和 O_2 的较高要求。灰树花畸形菇多是由于环境不协调造成的，如原基黄化萎干不分化，是通风大湿度小造成；小散菇是由于通风小缺少光照造成；黄肿菇是由于湿度大、通风不良或高温造成；原基不生长，多是由于覆土厚、浇水过勤、浇冷水生长缓慢造成。

（四）菇体采收与收后管理

正常情况下，子实体发育成熟需要 15～18d。当灰树花的扇形菌盖外缘无白色的生长环，边缘变薄，菌盖平展、伸长，颜色呈浅灰黑色，并散发出浓郁的香味时，即可采收。

采收前一天停止喷水，灰树花的菌盖很脆嫩，操作不当极易折断或菌盖破碎。采摘时，将两手伸平，插入子实体底下，在根的两边稍用力，同时倾向一个方向，菌根即断，要注意轻拿轻放，覆土栽培的灰树花采收后要及时用小刀将菇体上的泥沙去掉，及时清理料面，其根部不要喷水，以利菌丝复壮，3d 后，喷一次大水，继续按出菇前的方法管理，15～30d 后又长出第二潮菇。

（五）效益分析

利用农业废弃物作为培养料生产灰树花，不仅节约资源，保护生态环境，而且充分利用闲置林地，发挥土地利用效率，为人类提供物美质优的营养保健食品，真正意义上做到一举多得。华北地区果树林、经济林及人工速生林地生产灰树花有得天独厚的条件，严格按照灰树花栽培技术要求，产量稳定。北京近郊通过 2 年的生产试验，对 2008 年和 2009 年试验地林下栽培的灰树花作了经济效益分析，林下栽培每亩基础物料成本为 11 900元，主要是栽培菌袋和搭建辅助设施小拱棚的投入。结合产量及售价，可得出目前在北京地区林下栽培灰树花的每亩纯收益 9 100元。20 世纪末，河北省迁西县有 8 个灰树花栽培乡镇，50 个村 100 多个栽培大户。成立了灰树花专营公司，负责供应菌种、生产资料、技术服务和产品回收。栽培每亩灰树花投入 1.6 万元，获纯利润 1.6 万～2.0 万元，效益可观。林下栽培灰树花，增加了农民收入，解决了农村剩余劳动力，且符合当前提倡的资源节约、低碳环保的社会理念，值得大力推广。

十二、灵芝

灵芝［*Ganoderma lucidum*（Leyss. ex Fr.）Karst.］，在分类上属于真菌门、担子菌亚门、层菌纲、非褶菌目、灵芝科、灵芝属。俗名红芝、赤芝、丹芝，是灵芝属中的代表种，是吉祥、如意和长寿的象征，并有“仙草”之称。张小青（2001）报道，中国共有灵芝科真菌 4 个属，98 种，分布在 29 个省（市、自治区）。其中，应用最多的赤芝

(*G. lucidum*)、紫芝（*G. sinense*）、薄树芝（*G. capense*）、树舌（*G. applanatum*）和松衫灵芝（*G. tsugae*）5 种，均能通过人工栽培形成子实体。作为保健品和药源，特别是赤芝（红芝）和紫芝，自古至今一直沿用。赤芝呈暗红色，革质，韧性强。生长周期短，栽培易于成功，产量较高，质量也有保证。同时对其有效成分、药理分析、临床应用较深入，因此，在规模生产中一般均采用这个种。

灵芝，是灵芝属药用珍菌，内含粗蛋白、粗脂肪、纤维素、木质素、单糖、多糖、甾体和 18 种氨基酸以及微量元素，具有滋补强身、扶正固本的功效。灵芝多糖是灵芝的主要有效成分之一，具有抗肿瘤、免疫调节、降血糖、抗氧化、降血脂与抗衰老作用。三萜类也是灵芝的有效成分之一，对人肝癌细胞具有细胞毒作用，也能抑制组织胺的释放，具有保肝作用和抗过敏作用等。服用灵芝除了治病外，还有增强食欲，改善睡眠，延缓人体衰老、强壮身体等功效。主产于北京、河北、吉林、山西、山东、陕西、安徽、浙江、江苏、福建、江西、湖南、湖北、广西、广东、四川、贵州、云南等省（市、自治区）。

（一）生长发育条件

灵芝属于高温结实性菌类。自然界中，一般生长在人迹罕至的深山密林中，人工栽培需要满足其正常生长发育的自然条件，才能正常地完成其生活史。

1. 营养　灵芝等真菌与植物不同，缺乏叶绿素，不能进行光合作用制造有机物，只能分解和同化现成的有机物满足其生长发育所需的营养。在自然界中，多数灵芝种类生活在阔叶树的树桩、朽木或倒木上，属木腐菌。灵芝生长所需的营养主要为碳源和氮源，矿质元素和维生素等。在灵芝的栽培中一般利用木屑、棉籽壳、稻麦草、蔗渣、甘薯渣和玉米芯等农林下脚料为原料，经降解后作为碳源；利用玉米粉、米糠、麦麸、豆饼、花生饼、菜籽饼以及尿素等作为有机氮源。灵芝的碳氮比为 22∶1。碳氮比不当，将造成灵芝生长发育不良。

2. 水分　培养料湿度以 55%～60% 为宜，菌丝生长期要求空气相对湿度在 60%～70%，子实体分化期湿度应控制在 85% 左右，子实体生长阶段空气相对湿度 90%～95% 最好。

3. 温度　灵芝属于高温型真菌，菌丝能在地下朽木或培养基质中越冬，翌年气温回升后继续生长，酷热的夏季也能正常越夏。菌丝对温度的适应范围较宽，但子实体的发生局限在夏秋，子实体对温度的适应范围较窄。灵芝菌丝在 8～35℃ 均能正常生长，最适宜温度是 25～30℃，斜面培养基上的菌丝，置于 0～4℃ 条件下，经 60d 处理转管后仍 100% 成活，而在 －13～－2℃ 下，10d 后全部死亡，一般灵芝能忍受的最低温度在 0～4℃。子实体发育的最适温度为 26～28℃，低于 20℃，子实体原基停止生长，高于 33℃，子实体不能正常生长菌盖。高于 40℃，菌丝容易烧死，低于 6℃，菌丝停止生长。

4. 光照　菌丝生长阶段不需要光，原基分化和子实体生长阶段需要一定量的散射光，光照不足，子实体生长缓慢，子实体瘦小，发育不正常。但也经受不住直射阳光。灵芝子实体还有明显的向光性，在室内栽培时，子实体的菌盖都一致朝向光源方向。

5. 空气　灵芝子实体生长发育对 CO_2 浓度敏感，若空气中的 CO_2 浓度超过 0.1%，灵芝子实体就不能发育菌伞，或发育成鹿茸状灵芝。

6. 酸碱度 灵芝生长需要中性偏酸，其菌丝发育最适 pH 值为 6，如果 pH 值低于 5，接种不易成活，但菌丝在碱性环境也难以生长。

7. 向地性 灵芝生长菌盖的下面，即菌管永远是向下的。在栽培中，正常情况下菌柄和菌盖形成直角；若将菌瓶倒放，菌柄和菌盖就长在一条直线上。根据灵芝生长的向光性和向地性，在栽培时，灵芝生长进入菌盖分化阶段后，就不能随便移动，以免因方向改变而形成畸形子实体，甚至停止生长。

（二）栽培时间

灵芝出芝适宜温度为 25 ~ 28℃。中国北方以夏季栽培为宜，栽培时期以 4 ~ 6 月为最佳；南方地区适宜冬、春栽培，11 ~ 12 月或翌年 2 ~ 3 月为最佳栽培时期。

（三）栽培方法与管理

1. 栽培种制作

（1）栽培种制作时间 制种时间为栽培时间向前倒计时 40 ~ 50d。

（2）菌种选择 灵芝种类繁多，目前作为保健品、药品应用的主要是赤芝（红芝）。通过多年栽培实践，适合袋料栽培的理想赤芝品种有园芝 6 号、泰山灵芝、韩国灵芝、日本灵芝等，它们菌盖大，肉厚，色泽正，生长迅速，符合出口标准。

（3）栽培种配方

配方 1：玉米芯 78%，麦麸 20%，蔗糖 1%，石膏粉 1%；

配方 2：棉籽壳 45%，锯木屑 45%，麦麸 8%，蔗糖 1%，石膏粉 1%；

配方 3：甘蔗渣 50%，杂木屑 48%，黄豆粉 1%，石膏粉 1%；

配方 4：甘蔗渣 78%，麦麸 15%，玉米粉 5%，糖 1%，石膏粉 1%；

配方 5：木屑 40%，棉籽壳 40%，麦麸 15%，黄豆粉 3%，糖 1%，石膏粉 1%；

配方 6：棉籽壳 83%，玉米粉 15%，糖 1%，石膏粉 1%。

以上配方因地制宜任选一种。木屑陈旧为好，其他原料需新鲜、无霉变。麦麸可用米糠代替，石膏可用碳酸钙代替，蔗渣可用玉米秆代替。料水比为 1 ：（1.4 ~ 1.6），自然 pH 值。

（4）发菌管理 接种后将栽培袋放置在专门的培养室内，让菌丝体迅速长满整个栽培袋。培养条件控制温度在 25 ~ 28℃，冬季气温低，栽培袋摆放可密一点，夏季气温高，摆放要稀疏些。空气相对湿度保持在 60% ~ 65%，空气湿度大，可通风或放置些生石灰来降低湿度，湿度低时，可在室内地面适量喷水。菌丝体要求黑暗条件，应采取避光的措施。菌丝发满整个栽培袋后，即为成品栽培种。

2. 地栽灵芝

（1）栽培场地 选择杨树人工林等阔叶林或混交林，坡度较平缓、向阳，主林冠高 10 ~ 15m，郁闭度 0.7 左右，通风、排水良好，具有水源处。除去杂草、乱石，在菌床上搭建塑料拱棚。

（2）开畦、排袋与覆土 依地形整地，在林下挖栽培畦沟，沟底要平，并用石灰粉消毒。畦沟大小深浅如下：宽 1.5m，深 0.2m，长度可根据树林的实际情况而定。在畦沟的

四周开排水沟。畦沟挖好后，通风干燥2d，灌水一遍，再喷洒500倍液辛硫磷一遍就可以放置栽培袋了。去掉栽培袋的外层塑料薄膜，然后，将裸漏的栽培袋垂直放置在用竹竿按一定规格制作的方格状工具内（为了整齐便于管理，也可直接摆放），每格放一袋，按每沟8行。摆放好栽培袋后，用土将栽培袋间的空隙填实，保证其垂直不倒，最后用土将栽培袋覆盖。过一段时间，用水浇透栽培沟，然后用细沙土覆盖表层，并用木板将沙土刮平，保证栽培袋上沙土厚度均匀一致，之后，在表层喷一定量的水，保持沙土表层湿润。表面覆盖草帘保证菌丝体生长在避光条件下进行。最后，在畦上用竹片搭拱棚并覆盖塑料薄膜。经常检查出芝情况，不久，沙土上就会冒出灵芝的子实体，进入出芝管理阶段。

（3）出芝管理　林下温度、湿度相对稳定，风力也较林外小，栽培管理较为方便。晴天早晚喷水一次，保持表土潮湿为度，若久晴干旱应增加喷水次数。喷水时揭开棚膜，待水被吸收后，再盖好棚膜，并在两端留出通气口，以免高温、高湿引起子实体霉烂。

温度要求在26～28℃，温度高可以喷水降温；并根据树林郁闭情况搭设遮阳网，保证一定强度的散射光；湿度保持在85%～95%，根据条件喷水调节。

（4）采收与收后管理　灵芝栽培过程中，在灵芝袋埋入地下大约30d的时间后，灵芝的子实体就进入了黄边期，菌盖周围的白色生长圈逐渐变为黄褐色，直到白色生长圈完全消失。此时，菌盖停止扩大，但仍可继续加厚。

选择晴天，采收时，要保留菇脚约1cm，用刀割下。注意轻拿轻放，不抹去菌盖上的孢子粉，也不可沾污菌盖底部原有的色泽。

采收后，喷重水一次，浇湿土壤和补充上菌筒的水分，减少通风，让伤口愈合，利于再出芝。一般可采收两潮灵芝。

3. 床架栽培灵芝

（1）排袋放菌　林下搭建简易的芝棚。菌袋的摆放采用垛状。垛底用土堆成高15cm、宽50cm的平台（棚内横向排放），用薄膜覆盖。菌袋摆放在薄膜上，单排摆放，依次堆放，高度以不影响人操作为宜。每两层之间可放置2～3根小木条，以便通风，垛与垛之间隔1m左右的操作空间。

（2）出芝管理　菌丝体发到一个月左右时，要及时剪口，防治菌蕾霉烂在袋内。温度湿度的控制与地栽灵芝相同。温度过高，可向地面喷水降温；湿度控制要靠喷水来满足灵芝生长的湿度条件。注意喷水时，主要向地面喷水，在幼芝期，可向子实体喷少量的水，到即将成熟期，不宜在子实体上喷水，否则，子实体上的孢子粉吸水后形成斑点，影响商品质量。此外，子实体含水量增加，还会影响采收后干燥。

灵芝子实体生长期间，需要充足的O_2和一定强度的光照，如果CO_2浓度过高，影响菌盖的分化，形成鹿角状的畸形灵芝。

（3）采收与收后管理　采收标准参见地栽灵芝。要及时采收，减少被病菌感染的机会。采收时用剪刀剪下，留下菌柄；或直接从菌袋上摘取，用手指握着菌柄取下，不要握着菌盖，以免菌盖下附着孢子粉，影响外观质量。

采收后，停水2～3d，让伤口愈合后，再喷水提高湿度，进行下一潮芝的管理。

（四）灵芝孢子粉收集

以采收孢子粉为目的的栽培最好采用瓶栽的方式。当菌盖下部出现咖啡色粉末状孢子时，将菌瓶集中放入培养架后用纸封闭，一个月后揭开培养架外面的封纸，用粉刷清扫下菌盖上的孢子粉，收集在一起。每株灵芝可收集孢子粉2 ~5g。若收集少量的孢子粉也可尝试地栽条件下收集，当菌盖下部出现咖啡色粉末状孢子时，可在地面铺设塑料薄膜，上面套上纸袋，或应用塑料膜袋，并用12号针头每平方厘米扎眼20个以上，增加透气性。据傅辉等（1998）报道，此法可代替价格高但效果最理想的尼龙丝漏布袋，且成本仅相当于后者的15%。袋的规格设计了两种大袋约150cm×250cm，小袋39cm×27cm，种植者可根据实际情况选择设计袋的大小。此阶段停止喷水，注意天有雨时，放下拱棚的塑料膜防雨。一个月后，解开纸袋，收集孢子粉。有些地方采用吸尘器收集，方法先进和干净卫生，利于孢子粉加工与利用。收集孢子粉后，便可采收灵芝。垛栽灵芝孢子粉的收集，也可尝试制作合适大小的收集袋，收集少量的孢子粉。

（五）灵芝采收后干制

将灵芝子实体一个个摊开摆放在水泥地或竹帘上，菌盖向上，利用太阳晒干。阴雨天可以用烘房烘干，烘焙时先保持30 ~40℃，并通风使水分尽快散发，然后，逐渐提高温度，最后升温到60℃，烘至恒重。如有条件可采用先晒后烘的方法干制，即采收后，先利用太阳暴晒1d，然后放入烘房内60℃保持1 ~2h。干制要求在采收后2 ~3d内完成，忌雨淋和水洗，以免菌盖下面的菌孔变黑。

（六）效益分析

林下种植灵芝，利用的是农业废弃物，低碳环保。利用林下闲置的土地，节约资源。且管理方便，效益显著，是增加农民收入的一个新途径。农技人员曾对灵芝种植户生产成本效益作了一次抽样调查，生产成本和效益情况分析如下。

1. 成本投入分析 种植灵芝成本投入主要有菌材、菌种、灭菌设施、地膜、荫棚材料、制棒用辅助材料等，种植灵芝每万棒直接投入5 592.6元，即每棒成本约0.56元。

2. 经济效益分析 每万棒（每亩）两茬可采收灵芝子实体400kg左右，孢子粉150kg。以正常年份销售价计算，灵芝销售单价为5元/kg，孢子粉销售单价为7.5元/kg，毛收入约12 500元，减去生产成本，每棒纯收益约0.7元，每亩纯收入7 000元。具体到不同年份、不同的农户效益还要高，因此，种植灵芝效益十分可观。

第三节　林菌间作条件下的病虫害防治

随着食用菌生产规模的扩大和栽培品种增多，食用菌病虫害已成为林下食用菌生产中的劲敌。对食用菌造成的损失在10% ~30%，严重达50%，甚至绝收。食用菌病虫害防治，应牢固树立“预防为主，综合治理”的绿色防治理念，恪守“选用抗病虫质优高效

品种为前提，创造利于食用菌生长发育的生态环境条件为基础，物理、生物防治为手段，运用《绿色食品农业使用准则》规定的生物农药为急救”的原则，达到经济、安全、高效地控制食用菌受病虫为害的目的，确保食用菌安全、优质与高产，实现经济、生态和社会最大效益。

一、食用菌常见病害及防治

（一）竞争性杂菌及防治

竞争性杂菌是食用菌栽培过程中的常见病害，病因多而复杂，它们与食用菌竞争营养和生存空间，污染菌种、菌袋，并且分泌毒素，抑制菌丝生长，造成食用菌降质减产，严重的导致栽培失败。

竞争性杂菌主要种类有：

1. 木霉　病原为木霉菌（*Trichoderma* spp.）。木霉又名绿霉，是世界性的食用菌为害菌，是食用菌生产中发生普遍且为害最大的竞争性杂菌。主要种有绿色木霉（*T. viride*）、康氏木霉（*T. kningii*）、多孢木霉（*T. polysporum*）等。木霉为害期长，为害程度大，食用菌菌丝受害后生长受抑制；菌盖受害后出现淡褐色病斑，病斑表面被白色或绿色霉层所覆盖；菌柄受害后基部水渍状腐烂，最后菇体死亡。

2. 曲霉　为害食用菌的曲霉（*Aspergillus*）种类很多，主要有黄曲霉（*A. flavus*）、黑曲霉（*A. niger*）和白曲霉（*A. candidus*）等，是为害食用菌的第二大杂菌。它污染菌种和堆肥，与食用菌竞争营养和生存空间，其分泌的黄曲霉素不但抑制食用菌的菌丝生长，而且是一种很强的致癌物质，严重危害人体健康。

3. 毛霉　毛霉（*Mucor*），俗名黑霉病，常见的种类有总状毛霉（*Mucor racemosus*）和大毛霉（*M. muccedo*）。毛霉是一种好湿性真菌，菌丝生长速度很快，几天内就可覆盖培养料表面，占领食用菌生长所需整个空间，抑制食用菌菌丝生长，常常导致菌袋污染，后期菌袋表面布满黑色小颗粒，料面不能出菇。

4. 链孢霉　链孢霉又称红色脉孢霉、红霉菌等，为害食用菌的主要有粗糙脉孢霉和好食脉孢霉。链孢霉为食用菌生产中常见杂菌，是一种顽强、速生的气生霉菌，培养料受污染后，在料面迅速形成橙红色或粉红色的霉层。菌袋一经污染很难彻底清除，常常引起整批菌种或菌袋报废。

5. 青霉　病原为青霉菌（*Penicillium* spp.），常见的种有圆弧青霉（*P. cyclopium*）和产黄青霉（*P. chysogenum*）等。青霉病也叫蓝绿霉病，常污染菌种和菌袋。青霉菌通常先侵染幼菇，致使幼菇生长停止，枯萎，死亡，表面长出蓝绿色霉层，然后向健康菇菌柄基部侵染，引起健菇基部黄褐色腐烂。

6. 根霉　根霉又称毛霉、黑头霉、黑色面包霉等。根霉最常见种类是匍枝根霉（*R. nigricans*），培养料或堆肥受侵染后，表面出现匍匐菌丝，匍匐菌丝在与基质接触处产生假根，吸收基质的营养和水分。后期培养料或堆肥表面形成许多黑色圆状小颗粒，从外观看，整个菌落宛如一片林立的大头针，这是根霉污染的最明显症状。

7. 鬼伞　鬼伞（*Coprinus*）又称狗屎苔、野蘑菇，是一群草腐伞菌。其生长迅速，周

期短，在夏季高温多雨期容易发生。鬼伞的菌丝生长速度极快，并很快形成子实体，子实体形成后很短时间内即自溶、腐烂，从子实体形成到菌盖自溶成黑色黏液团，只需 1 ~ 2d 时间。

8. 细菌 食用菌栽培过程中常受到细菌污染，在培养料表面形成一层黏稠状液体，色深并伴有恶臭味，抑制菌丝正常生长，导致食用菌栽培失败。引起食用菌污染的细菌种类很多，常见的有芽孢杆菌（*Bacillus* sp.），假单胞杆菌（*Pseudomomas* sp.），黄单胞杆菌（*Xanthomonas* sp.）和欧文氏杆菌（*Erwinia* sp.）。

竞争性杂菌的发生条件、为害对象及防治措施：

（1）发生条件

①制作菌种时操作不规范。如料袋扎口不紧；料袋装的太满；培养料的原材料受潮发霉等。

②培养料含水量过大或发菌期碳源过多，氮源过少，碳氮比失调。

③培养料灭菌不彻底，达不到灭菌要求的温度、压力和时间标准。

④接种时无菌操作不严，搬运过程中菌袋松口或破损。

⑤培养环境消毒不彻底，环境中杂菌孢子浓度大，初侵染源丰富。

⑥出菇期温度偏高，空气相对湿度大，喷水过多，环境通风不良。

⑦采完第一潮菇后，料面清理不干净。

（2）为害对象　所有食用菌种类均可受害。

（3）防治措施

①选用抗病抗杂丰产的优良品种。

②确保菌种纯正，严格执行无菌操作，随时淘汰污染菌种。

③培养料灭菌要彻底，选用碳氮比合理的培养料配方。

④搞好菇棚周围环境卫生，及时清理林间落叶杂草和废料，发现病菇及瘦弱菇及时清除，防止病害扩散。

⑤用心管理，创造食用菌生长适宜的温度、相对湿度、散射光和通风换气条件，培育壮菇。

⑥袋料栽培品种，收第一潮菇后，及时清理菌棒料面，剔除菇根和弱菇，然后喷洒 1 次 10% 的石灰水；覆土栽培品种，及早挖除病菌，并在发病的地方撒施石灰粉。

（二）真菌性病害及防治

1. 湿疱病 病原为菌盖疣孢霉（*Mycogone perniciosa* Magn.）。蘑菇湿疱病又叫白腐病、疣孢霉病、菇癌。菇蕾在分化期被侵染后形成如马勃状组织，菇农称之为“菇疱”；幼蕾生长期受害，菌盖发育不正常或停止生长，菇柄膨大变形变质；菇体受害后期变褐、腐烂，并流出橙褐色汁液，伴有恶臭味。

（1）发生条件　疣孢霉的最适生长温度为25℃，最适 pH 值为 5 ~ 6。高温、高湿和通气不良容易导致该病暴发。

（2）为害对象　双孢菇、白灵菇、草菇、平菇、香菇和茶树菇等。

（3）防治措施

①搞好菇场环境卫生，清扫林间枯枝落叶，带出林外集中烧毁。

②覆土消毒。一是覆土上盖塑料薄膜在烈日下暴晒；二是用甲醛密闭熏蒸消毒。

③培养料进行二次发酵，结合巴氏消毒法通蒸气消毒。

④出菇前，在菇场周围喷洒多菌灵、甲基托布津、疣霉净等农药预防。

⑤选好栽培季节，第一潮菇出菇期避开25℃以上高温。

⑥发现发病后，应立即停止喷水，及时去除病菇，并喷洒农药防止蔓延和传播。可选药剂有多菌灵、甲基托布津、特克多、腐绝、疣孢净等，使用浓度为500～1 000倍液。

2. 干疱病　病原为菌生轮枝霉（*Verticillium fungicola* Preuss.）。干疱病又叫褐斑病、轮枝霉病。该病主要侵染食用菌子实体，感染后产生褐斑。菇体不能正常分化，形成不规则形状的菌块组织，幼菇感染成洋葱菇。后期菌块组织干缩，表面不流汁液，无恶臭味。

（1）发生条件　轮枝霉广泛存在于土壤中，覆土中的轮枝霉菌丝体常是初侵染源。轮枝霉孢子借助气流、不合理的喷水、溅起的水滴及菇体渗出汁液传播再侵染。高温、高湿及通风不良情况下容易发生此病。

（2）为害对象　平菇、双孢菇、鸡腿菇和银耳等。

（3）防治措施

①堆肥进行后发酵处理，既可杀死其中的病菌和害虫，又可提高堆肥质量，利于蘑菇生长。

②覆土消毒。方法可参考“湿疱病”。

③及时做好螨虫的防治。

④发现发病后停止喷水，及时清除病菇，加强通风干燥，并喷施药剂防治。可选用50%多菌灵500倍液、70%甲基托布津1 000倍液或45%噻菌灵2 000倍液喷雾。

3. 软腐病　病原为树枝状轮指孢霉菌（*Dactylium dendroides*）。软腐病又称湿腐病、蛛网病。子实体长出前发病，菇床上长出灰白色霉斑，后逐渐扩大呈暗褐色，发病部位不再出菇。子实体长出后发病，病菌一般先侵染菇柄基部，并向上延伸至菌盖，初期出现淡褐色不规则水渍状病斑，继而很快被菌丝体所覆盖，而后失活、死亡和腐烂。

（1）发生条件　软腐病的病原菌为土壤习居菌，病原随覆土、空气、水和昆虫传入菇场。发病温限为15～25℃，最适温度为20～25℃，最适pH值为3～4。空气湿度大、培养料含水量偏高的条件下易发生此病。

（2）为害对象　双孢菇、白灵菇和平菇等。

（3）防治措施

①避免培养料或覆土湿度过大，加强菇棚通风。

②菇床喷2%的石灰水，将培养料或覆土pH值调节到6.5～7。

③发现病斑后，及时撒石灰粉覆盖。

④环境卫生和覆土消毒可参考“湿疱病”的内容。

4. 褐斑病　病原菌为丝枝霉菌（*Aphanocladium aranearum*）。褐斑病又叫丝枝霉病、斑点病或凹斑病。食用菌子实体感病后，在菌盖和菌柄上出现褐色稍凹陷的病斑，形状大小不一，颜色边缘深，中间浅。潮湿条件下病斑上长出灰白色霉状物，菌肉腐烂。

（1）发生条件　该菌靠分生孢子随气流、喷水、农事操作及菇蝇传播。高温、高湿和

通风不良条件有利于此病发生。

（2）为害对象　双孢菇、香菇、平菇、白灵菇和猴头菌等。

（3）防治措施

①堆肥进行后发酵处理。

②覆土消毒，参考“湿疱病”覆土处理。

③发病初期及时清除感病子实体，防止孢子扩散。

④药剂防治参考“干疱病”。

5. 褶霉病　病原为头孢霉（*Cephalosporium*），有褶生头孢霉（*C. lamellaecola*）和康氏头孢霉（*C. constantnii*）两个种。病原菌侵染食用菌子实体的菌褶和菌盖，尤其是菌褶受害后症状明显，出现杂色斑纹，严重时菌褶粘连在一起。菌盖受害产生暗褐色斑点，病斑组织变硬，菌肉不易腐烂。

（1）发生条件　头孢霉菌丝体可在土壤或有机物上营腐生生活，菇床覆土是其初侵染来源。菇床发病后可由分生孢子通过接触、喷水管理、虫害活动传播引起再侵染。高温高湿有利于病害发生。

（2）为害对象　双孢菇、香菇、平菇和白灵菇等。

（3）防治措施

①发现病菇后及时清除，防止病菌孢子向四周扩散。同时注意及时防治各种虫害。

②覆土消毒处理，方法可参考“湿疱病”。

6. 枯萎病　病原为镰孢霉（*Fusarium* sp.）。枯萎病又称立枯病、萎缩病、猝倒病。食用菌子实体被侵染后，生长发育受阻，颜色淡黄，菌柄从外到内变褐色，最后整个菇体变褐色成僵菇或猝倒，不腐烂。

（1）发生条件　镰孢菌在自然界广泛分布，以菌丝体或厚垣孢子越冬，以分生孢子通过气流、水等传播引起再侵染。覆土太厚、高温高湿有利于此病发生。

（2）为害对象　双孢菇、白灵菇和平菇等。

（3）防治措施　参考“湿疱病”。

7. 小菌核病　病原菌为齐整小核菌（*Sclerotium rolfsii* Sacc）。发病初期，在培养料或菇床上出现白色菌丝，后期白色菌丝消失，长出小菌核，菌核初期乳白色，随着体积增大逐渐变为米黄色，最后变为茶褐色，形状、大小及色泽近似油菜籽。

（1）发生条件　病菌生活在土壤中或有机质上，能侵染多种蔬菜和禾谷类作物。栽培草菇的稻草或其他作物的秸秆带菌，或草菇播种后高温高湿条件，有利于该病的发生蔓延。

（2）为害对象　主要为害草菇、平菇和双孢菇。

（3）防治措施

①避免培养料的含水量过高。

②栽培环境保持通风换气。

③培养料的酸碱度保持偏碱性。

④发生小核菌局部污染时，可用1%石灰水处理。

（三）细菌性病害及防治

1. 细菌性腐烂病　病原菌为荧光假单胞杆菌（Pseudomonas fuloresens Migla）。子实体受害后产生水渍状斑，继而变褐腐烂，有恶臭味。

（1）发生条件　病菌生活在土壤或不洁净的水中，主要通过被污染的水或接触病菇的手、工具等传播，高温、高湿和通气不良的条件下容易发生此病。

（2）为害对象　香菇、平菇、茶树菇和鸡腿菇等。

（3）防治措施

①做好菇场卫生和消毒，管理用水用漂白粉消毒，相对湿度控制在95%以下，喷水后及时通风，接触病菇的手未经消毒不要接触其他菌棒。

②培养料进行二次发酵处理。

③利用拮抗细菌喷施进行生物防治，抑制病原细菌生长。

④发现病菇后，及时摘除并停止喷水，同时加强通风，然后喷洒农用链霉素或漂白粉。

⑤及时防治菌蛆、菇蚊、菇蝇和螨虫等。

2. 细菌性褐斑病　细菌性褐斑病又名细菌性污斑病、锈斑病，是世界性的蘑菇栽培病害。病原菌为托拉斯假单孢杆菌（*Pseudomonas tolaasii* Paine）。平菇受害时只为害菌皮，不深入菌肉；双孢菇和金针菇受害时多为害菌盖，菌柄较少发病，常常导致菌盖变黑色，影响商品价值。潮湿条件下，受害菇体病斑表面有菌脓，干后形成菌被。感病子实体不变形，不腐烂，有时菌盖开裂。

（1）发生条件　高温、高湿和通风不良，特别是菌盖上有水滴或水膜时有利于病害的发生。此病的发生与菌蛆和螨的活动具有正相关性。

（2）为害对象　双孢菇、平菇、香菇、金针菇等。

（3）防治措施　参考荧光假单孢杆菌的相关内容。

（四）病毒病及防治

病毒病是由病毒（Mycovirus）引起的一种食用菌病害。菌丝感病后表现为菌丝退化，生长缓慢，菌落边缘不整齐，呈现不均匀的花斑状。子实体感病可造成子实体小、畸形、早开伞、菌盖和菌柄上出现水渍状条纹或条斑。

1. 发生条件　病毒通过病菇的孢子和带病毒的菌丝传入菌种，通过担孢子和菌丝的互相融合而传播。还可通过昆虫口器传播。菌种本身带有病毒、老菇床上潜伏带病毒的菌丝均可引起发病。

2. 为害对象　香菇、平菇、白灵菇、双孢菇和金针菇等。

3. 防治措施

（1）选择健康无病毒的菌种。

（2）做好菇棚卫生和消毒处理，创造良好的水分、养分、通气、光照和温度条件，使子实体健壮生长，增强抗病能力。

（3）发现病菇及早摘除，预防病毒孢子通过气流传播。

（4）采摘过病菇的手和工具，要用0.1%高锰酸钾消毒，然后，才能采收健菇。

（5）及时清理废料，消毒场地，防治菇蝇、菇蚊，以免病毒传染。

（五）线虫病及防治

线虫主要为害覆土栽培的食用菌菌丝和子实体。菌丝受害后常表现为菌丝生长不良或不发菌，或发菌后菌丝逐渐萎缩消失，感病菇床不出菇并有特殊的腥臭味。子实体受害后，表现为生长发育不良，菇色变黄，松软湿腐，有腥臭味，失去商品价值。

1. 发生条件　线虫病主要通过培养料、不洁净水源、土壤和昆虫传播。线虫存活期长，培养料中含水偏高，有利于线虫活动和为害。

2. 为害对象　双孢菇、金针菇等。

3. 防治措施

（1）培养料进行二次发酵，并防止湿度过大。

（2）做好菇棚卫生，彻底清除废料、垃圾，地面不能存有积水。

（3）覆土栽培时，土壤要经过暴晒，然后用2%甲醛液喷洒熏蒸，进行杀菌处理。

（4）管理用水要经过消毒过滤，防止水中存有线虫。

（5）发现有线虫为害，可用500倍碘液滴在线虫聚集处，并在地面上撒石灰粉。

（六）生理性病害及防治

在食用菌的栽培过程中，由于受到一些不良环境因子的影响，常常导致生长发育出现各种生理性异常，如菌丝徒长、菌丝退化和畸形菇等，造成食用菌减产或品质下降。

1. 菌丝徒长　食用菌接种后菌丝生长过旺，绒毛状菌丝在培养料或覆土表面大量冒出，形成一层致密、不透水的菌被，影响出菇时间和出菇数量，俗称“冒菌”。

（1）发生条件　菌丝徒长现象与菌种特性和环境条件有关。在原种的扩繁过程中，菌丝加入过多，致使母种和栽培种产生结块，出现菌丝徒长。另外，培养料含氮过高，含水较少、空气温湿度大、通风不良等，都易引起菌丝徒长。此外，播种期偏早，播种后温度长时间处于20～25℃，有利于菌丝生长而不利子实体形成。

（2）为害对象　所有食用菌种类。

（3）防治措施

①选用优质菌种，适时播种。尽量不用气生菌丝生长过旺、过密的菌种。

②加强通风换气，降低菇房的温度、湿度，抑制菌丝生长过旺。

③发现菌丝大量冒出时，应减少或停止喷水。

④出现菌被及时扒掉，然后喷重水，同时，加强通风换气，降低空气温度、湿度，促进出菇。

⑤喷施生长调节剂，促使菌丝由营养生长向生殖生长转化。

2. 菌丝退化　在食用菌的发菌及出菇阶段，有时会出现菌丝发黄色、发黑色、萎缩退化甚至死亡的现象。

（1）发生条件

①使用劣质菌种，菌丝活力不强。

②培养料温度过高、碳氮比失调、酸化，孳生杂菌，消毒杀菌药剂使用不当和料内残留有害物质。

③竞争性杂菌与害虫为害。

④出菇期高温闷热且通风不良，喷水过多、湿度过大。

⑤药剂使用不当，浓度过高或使用量过大。

（2）为害对象　所有食用菌种类。

（3）防治措施

①选用适龄优质菌种。

②搞好菇棚和培养料的消毒处理，二次发酵要彻底。

③避开高温期播种，控制好料温，避免料温过高引起烧菌。

④喷水不宜过大、过急，加强通风，创造良好的温度湿度条件。

⑤测试培养料酸碱度，若培养料酸化，应喷适量石灰水调节。

⑥由消毒剂不当引起菌丝退化，应重新调整培养料，补充接种。

⑦喷施蛋白胨溶液或蘑菇健壮剂，促进菌丝生长。

⑧科学合理用药，不用劣质药，不随意加大用药量。

3. 畸形菇　食用菌栽培过程中，常常形成一些未分化的组织块或不规则的子实体，如菌柄肥大、无菌褶、菌盖小或无菌盖等。生产上常见的主要有："地雷菇"、"空心菇"、"高脚菇"、"鳞片菇" 和 "硬开伞" 等。

（1）发生条件　造成食用菌形成畸形的原因很多，如品种选择不适宜、发菌条件管理不当、光照不足、通风较差、温度湿度控制不合理和药害等。

（2）为害对象　所有食用菌种类。

（3）防治措施

①选择适合当地气候的栽培品种。

②防止盲目脱袋或脱袋过早。

③控制好温差，避免菇棚温度骤升骤降，变化过大。

④及时适量喷水，防止料袋湿度过高或过低。

⑤避免菇蕾过密，营养不良。

⑥合理使用化学药剂，防止产生药害。

二、食用菌常见虫害及其防治

（一）黑粪蚊

黑粪蚊（*Scatopse* sp.）隶属双翅目，粪蚊科，是为害食用菌的主要害虫之一。幼虫为害菇体的菌丝体及子实体，在发菌阶段，造成菌丝生长发育不良，培养料变黑色，影响出菇。在子实体形成阶段，幼虫蛀食菇根，常常导致绝收。

1. 发生条件　黑粪蚊常年发生，成虫在 15～35℃ 均能交尾产卵，但以 20～28℃ 时活动最旺，潮湿腐烂的环境里容易孳生该虫。

2. 为害对象　几乎所有食用菌种类。

3. 防治措施 搞好环境卫生，彻底清除废料、垃圾，减少虫源。

覆土使用前先经过暴晒，然后用甲醛熏蒸杀菌处理。

黑光灯诱杀成虫。

害虫高发时，可选用4.5%水乳剂高效氯氰菊酯2 500倍液、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂5 000倍倍液、70%吡虫啉干悬浮剂10 000倍液和20%烯啶虫胺水剂3 000倍液喷雾防治。

（二）大菌蚊

大菌蚊（*Neoempheria* sp.）又名中华新蕈蚊，属于双翅目、菌蚊科。大菌蚊以幼虫为害，蛀食子实体，导致子实体缺乏生气，变黄色，生长瘦弱。受害严重时菌柄被食空，菌盖下塌。同时，幼虫还排泄虫粪污染菇体，影响食用菌的商品价值。

1. 发生条件 温度18～28℃和空气相对湿度70%～85%有利于各虫态的发育。成虫具趋光性和耐水性，高龄幼虫可在水中存活6～9d。因而在栽培食用菌过程中，喷水有利于该虫发生。

2. 为害对象 大菌蚊是杂食性昆虫，可为害几乎所有的食用菌品种。

3. 防治措施 搞好环境卫生。

装上阻隔物（纱网）、灯光诱杀。

菇场周围铲除杂草，栽培一些能避虫的树、草，如苦楝树，蒲公英等，驱避害虫。

取苦楝树皮、叶、果捣碎，熬成绿黄色液体过滤，滤液按原液：水＝40：100的液喷洒地面、菌袋、菇架及菇体，当虫害严重时，可直接用原液喷洒，防治效果可达85%左右。

将菌块晒干，让其脱水，待幼虫因脱水死亡后再将菌块浸入2%～3%的石灰水中3～4h。吸水然后再滤去多余水分，盖膜继续培养使之出菇，这样可避免其为害。该法防治效果可达95%以上。

严重发生时可选用4.5%水乳剂高效氯氰菊酯2 500倍液、50%灭蝇胺可溶性粉5 000倍液、10%溴虫腈悬浮剂4 000倍液进行喷雾防治。

（三）平菇厉眼菌蚊

平菇厉眼菌蚊（*Lycoriella pleuroti* Yang et Zang）属双翅目、眼菌蚊科。该虫以幼虫为害菌丝和子实体。为害菌丝时，常将菌丝吃光，使其不能正常生长；在为害菇蕾、子实体时常潜入其内蛀成孔洞，严重时，菌柄被吃成海绵状，菌盖只剩上面一层表皮，进而枯萎腐烂。

1. 发生条件 幼虫喜在腐殖质丰富的潮湿环境生活。成虫具趋光性，不取食，常在培养料、菌袋口端及子实体上爬行、交尾、产卵，产卵场所多选择荫蔽和湿润的环境。

2. 为害对象 平菇、香菇、金针菇和杏鲍菇等。

3. 防治措施 搞好环境卫生，清除虫源。及时处理每潮菇收获后的菇根、烂菇及废料，带出菇棚集中销毁，减少虫源。

装上纱网等阻隔物，阻止成虫迁入。

灯光诱杀。可在林内装上黑光灯或节能灯，灯下放一盆水，滴上4.5%高效氯氰菊酯，晚上开灯诱杀。

严重发生时可选用4.5%水乳剂高效氯氰菊酯2 500倍液、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂5 000倍液、70%吡虫啉干悬浮剂10 000倍液、20%烯啶虫胺水剂3 000倍液进行喷雾。

（四）闽菇迟眼菌蚊

闽菇迟眼菌蚊（*Bradysia minpleuroti* Yang et Zhang）隶属于双翅目、眼菌蚊科。主要以幼虫为害食用菌菌丝和子实体，使菌丝萎缩，菇蕾枯萎，子实体被钻蛀形成孔洞，并有腥臭味，培养料受害后发黑成松散米糠状。

1. 发生条件　闽菇迟眼菌蚊发育繁殖最适温度为15～21℃，4月中旬至6月上旬为害最重。成虫具趋光性，喜欢在畜粪、垃圾、腐殖质和潮湿的废料上繁殖，可携带病原菌及螨类。

2. 为害对象　主要为害双孢菇、平菇、黑木耳、金针菇和香菇等。

3. 防治措施　参照"平菇厉眼菌蚊"。

（五）蚤蝇

蚤蝇又名粪蝇，属双翅目，蚤蝇科。北方地区主要有短脉异蚤蝇（*Megaselia curtineura* Brue）和白翅型蚤蝇（*Megaselia* sp.）两种。蚤蝇以幼虫蛀食蘑菇子实体，引起菇体黄萎、腐烂，也可咀食培养料和菌丝体。菇体受害后容易招致青霉菌和木霉菌等杂菌的孳生。

1. 发生条件　成虫在15～35℃均能交尾产卵繁殖，17℃以上活动频繁。对光和菌体香味具较强的趋性。湿度大、通风不良，发生严重。

2. 为害对象　几乎所有食用菌种类，以平菇、草菇、鸡腿菇和木耳为主。

3. 防治措施　做好菇场清洁卫生，覆土湿度不要过高，减少蚤蝇发生。

发现菌袋内有虫卵时，要及时销毁或回锅灭菌后重新接种。

化学防治上以杀灭成虫为主，可选药剂有菇净或氯氰菊酯等。

当菌棒或培养料中有幼虫时，可注入2 000倍菇净药液防治。

（六）跳虫

跳虫属昆虫纲，弹尾目，主要有紫跳虫科紫跳虫（*Hypogastrura communis* Folsom）和长角跳虫科黑角跳虫（*Entomobrya sauteri* Borner）。该虫以成虫群集为害菌柄、菌盖，造成凹点、缺刻和孔道，还能携带病原菌传播病害。

1. 发生条件　跳虫常栖息在腐败物质及较阴湿的环境中。食用菌菇床有机质丰富，温度湿度适宜，非常适合跳虫生长繁殖。5～8月份高温季节为害最重。

2. 为害对象　几乎为害所有食用菌品种，其中，平菇、金针菇、银耳和木耳受害较重。

3. 防治措施　做好环境卫生，降低虫口密度。

覆土栽培时，培养料进行二次发酵。

菇棚内放置水盆，水内滴入有机硅渗透剂进行诱杀。

严重发生时喷药防治。可喷浓度为0.1%的鱼藤精150～200倍液、5%醚菊酯水乳剂3 000倍液、10%溴虫腈悬浮剂4 000倍液、40%毒死蜱水乳剂3 000倍液。

三、螨类

主要为害种为穗螨科费氏穗螨（*Siteroptes fiechtmanni*）和粉螨科腐食酪螨（*Tyrophgus putrescentiae*）。螨类主要为害食用菌菌丝和子实体。为害菌丝常导致菌丝不萌发或萌发后菇蕾萎缩死亡，最后培养料变黑腐烂。取食子实体时，被害部位变褐色、凹陷或形成孔洞。

（一）发生条件

螨类喜爱温暖、潮湿环境，常潜伏在棉籽壳、麦麸和米糠等食用菌栽培料中。产卵最适温度为17～22℃，相对湿度90%～95%。幼虫在20～30℃发育最快。

（二）为害对象

几乎为害所有食用菌，其中，香菇、平菇、茶树菇、金针菇、鸡腿菇和木耳受害较重。

（三）防治措施

搞好菇棚卫生，菇棚尽量远离畜禽舍，减少螨虫孳生环境。

培养料进行二次发酵。

避免使用过夏的老菌种，新旧菌袋要分开放置，及时剔除死菇和残根等。

使用菜籽饼、鲜猪骨和烟叶等进行诱杀。

螨害严重时，可喷洒2.5%联苯菊酯水乳剂1 500倍液、0.5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水乳剂或水分散粒剂2 000倍液或20%丁醚脲水分散粒剂1 000倍液等进行药剂防治。

四、蛞蝓

蛞蝓（*Agriolimax agrestis* Linnaeus）又名鼻涕虫、软蛭等，属于软体动物门，有肺目，蛞蝓科。该虫直接取食多种食用菌菇蕾和子实体，受害部位留下凹陷斑、孔洞或缺刻。菇蕾或幼菇受害后，一般不能发育成正常的子实体，尤其覆土种植鸡腿菇，蛞蝓数量非常多，减产严重。

（一）发生条件

蛞蝓一年四季均可繁殖，多在夜间、阴天或雨后成群爬出取食，喜欢阴暗、潮湿的林下郁闭环境。5～7月间为害严重，干燥环境不利于卵的孵化。

（二）为害对象

主要为害木耳、鸡腿菇和香菇等。

（三）防治措施

搞好环境卫生，及时清除林地菇床周围杂草及废弃物，并撒石灰粉。

利用蛞蝓夜出习性，20 时以后人工捕捉。

在出菇间隙，可以创造几天干燥条件，杀死蛞蝓卵。

严重发生时，用化学防治。多聚乙醛对蛞蝓有强烈的引诱作用，可将 10% 多聚乙醛颗粒剂拌入鲜草中，用药量为鲜草量的 1/10，拌匀制成毒饵，撒在林地菇棚周围，诱杀蛞蝓。

本章参考文献

1. 陈方美，赖建强 . 2003. 杨树菇袋载技术及病虫害防治 . 中国食用菌，20（2）：43 ~ 44
2. 陈秀炳 . 2005. 杨树菇的特性及人工栽培技术研究 . 现代农村科技，（11）：21 ~ 22
3. 崔长岭 . 2007. 杨树林栽培黑木耳 . 农业知识，（5）：28 ~ 29
4. 谷颜泽 . 2007. 林下双孢蘑菇高产栽培技术 . 农技服务，24（12）：29 ~ 30
5. 胡清秀 . 2005. 优质食用菌生产实用技术手册 . 北京：中国农业科学技术出版社
6. 胡清秀 . 2008. 病虫害为害分析与防治关键控制点 . 中国农学通报，24（12）：601 ~ 604
7. 黄志华，黄黎红 . 1999. 杨树菇的特性与栽培技术研究 . 三明师专学报，（1）：35 ~ 38
8. 冀宏，韩韬，霍红 . 2006. 食用菌虫害的发生和防治 . 食用菌 .（6）：45 ~ 47
9. 江佳佳，李朝品 . 2005. 我国食用菌螨类及其防治方法 . 热带病与寄生虫学，3（4）：250 ~ 252
10. 李国成，李元钦，王景辉等 . 1999. 杨树菇栽培技术 . 福建农业科技，（4）：41 ~ 42
11. 刘贵巧 . 2006. 食用菌菇蚋的特性及综合防治技术研究 . 北方园艺，（1）：109 ~ 110
12. 刘明俊等 . 1999. 计算机控制原理与技术 . 长沙：国防科技大学出版社
13. 吕作舟等 . 2008. 食用菌无害化栽培与加工 . 北京：化学工业出版社
14. 潘崇环等 . 2000. 食用菌优质高效栽培指南 . 北京：中国农业出版社
15. 申进文等 . 2006. 春季香菇高效栽培技术 . 郑州：河南科学技术出版社
16. 宋秀红，胡江川，侯桂森等 . 2009. 北方速生林下食用菌高效栽培技术 . 食用菌，（1），42 ~ 43
17. 陶佳喜 . 2005. 大菌蚊的生物学特性及其防治对策 . 湖北农业科学，（3）：67 ~ 69
18. 王恭祎等 . 2009. 林地间作 . 北京：中国农业科学技术出版社

19. 王恭祎．2010. 速生杨林下食用菌生产技术．北京：金盾出版社
20. 王俊山，邵维仙，李树卿．2007. 林下反季节种植平菇技术．河北农业科技，(6)：48～49
21. 王尚荣，田福忠．2009. 速生林地夏季黑木耳高产栽培技术．食用菌，(1)：44～45
22. 王新颖，黄珊，郑国良．2009. 北方林下鸡腿菇种植技术．防护林科技，(3)：119～120
23. 薛永三，赵桂云．2006. 白灵菇的生物学特性及其栽培技术．牡丹江师范学院学报（自然科学版），(4)：7～8
24. 杨国良，陈惠．2004. 灰树花与杨树菇生产全书．北京：中国农业出版社
25. 曾宪顺．1992. 食用菌害虫发生和防治的特殊性．中国食用菌，11（5）：17～18
26. 张东闻，陈运芬．2009. 林下种植食用菌的病虫害防治技术．农家参谋，(9)：14
27. 张法来．2009. 速生林下拱棚双孢菇种植技术．食用菌，(10)：183～184
28. 张金霞等．2008. 无公害食用菌安全生产手册．北京：中国农业出版社
29. 张萍．2008. 伊犁河谷林下种植黑木耳技术．农村实用科技信息，(7)：31
30. 张晓云，张陶，弓力伟等．2007. 我国食用菌虫害物理防治与生物防治研究现状．中国食用菌，26（1）：10～12
31. 赵燕东．2010. 精准节水灌溉控制技术．北京：电子工业出版社

责任编辑　鱼汲胜
封面设计　孙宝林



定价：129.00元